

(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

8e

US 5,936,726

|   |   |
|---|---|
| (51) Int. Cl. <sup>6</sup><br>G01N 21/88  | (45) 공고일자<br>2000년04월01일                        |
|   | (11) 등록번호<br>10-0245805                         |
|   | (24) 등록일자<br>1999년12월01일                        |
| (21) 출원번호<br>10-1997-0706219  | (65) 공개번호<br>특1998-0702812                      |
| (22) 출원일자<br>1997년09월06일  | (43) 공개일자<br>1998년08월05일                        |
| (86) 국제출원번호<br>PCT/JP 95/00398  | (87) 국제공개번호<br>WO 96/28721                      |
| (86) 국제출원일자<br>1995년03월10일  | (87) 국제공개일자<br>1996년09월19일                      |
| (81) 지정국<br>EP 유럽특허 : 오스트리아 벨기에 스위스 리히텐슈타인 사이프러스 독<br>일 덴마크 스페인 핀란드 프랑스 영국 그리스 아일랜드 이탈리아<br>룩셈부르크 모나코 네덜란드 포르투갈 스웨덴<br>국내특허 : 중국 일본 대한민국 미국 |   |
| (73) 특허권자<br>가부시끼가이샤 히다치 세이사꾸쇼 가나이 쓰도무  |   |
| (72) 발명자<br>다케다 가즈오   |   |
|   | 일본국 도오쿄오토 히가시무라야마시 메구리타쵸오 1-1-2-303<br>미시다 하데츠구 |
|   | 일본국 도오쿄오토 코다이라시 조우스미혼쵸오 1-31-9-28<br>히라이와 아츠시   |
| (74) 대리인<br>임석재, 윤우성  |   |
|   | 일본국 도오쿄오토 히가시무라야마시 스와쵸오 2-21-10                 |

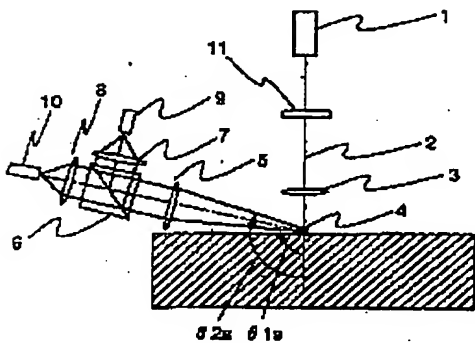
심사관 김형근

(54) 검사방법 및 장치 또 이것을 사용한 반도체장치의 제조방법

요약

시료의 표면상의 이물과 내부의 이물 또는 결함을 식별하는 시료의 검사방법 및 검사장치 및 이들을 이용한 반도체장치의 검사방법이 개시되어 있다. 광원(1)과, 광원으로부터의 빛을 시료(14)에 조사하는 제1의 광학계(3)와, 시료(14)로부터의 빛을 집광하는 제2의 광학계(5)와, 집광된 빛을 편광성분별로 분리하는 편광프리즘(7)과, 편광성분별의 광검출기(9, 10)를 가지고, 2개의 광학계(3, 5)는 각각의 광축이 이루는 각도가 50°에서 120°가 되도록 배치된다. 시료의 표면상의 이물은 옆쪽 산란광으로서, 시료내부의 이물 또는 결함은 뒤쪽 산란광으로서, 각각의 편광성분별의 강도비의 차이에서 식별할 수 있다.

도면



명세서

[발명의 명칭]

검사방법 및 장치 또 이것을 사용한 반도체장치의 제조방법

BEST AVAILABLE COPY

## [기술분야]

본 발명은 물체표면상의 부착이물검사 및 물체내부의 결함의 검출에 관한 것이고, 특히, 실리콘결정 표면상이나 아모르퍼스 실리콘(amorphous silicon) 박막 표면의 부착이물검출, 및 실리콘웨이퍼내의 산소석출물 등의 결정결함이나 아모르퍼스 실리콘박막 내부의 이물검출을 위한 검사방법 및 장치, 이 장치의 교정을 위한 표준시료, 또한 이 방법 또는 장치를 이용한 반도체 제조방법에 관한 것이다.

## [배경기술]

LSI(대규모집적회로)의 집적도가 향상함과 동시에, 디바이스를 구성하는 MOS(Metal Oxide Semiconductor) 트랜지스터의 불량에 기인한 양품취득률과 신뢰성의 저하가 큰 문제로 되고 있다. MOS 트랜지스터의 불량의 원인으로서는 게이트산화막의 절연파괴 및 접합의 라이크전류과다가 대표적인 것이다. 후자는 특히 DRAM(기억유지동작이 필요한 수식 기입 판독형 기억장치)에 있어서, 리프레시불량이라 불리는 정보의 상실이라는 문제를 야기한다. 이들 MOS 트랜지스터의 불량은, 디바이스가 형성되는 실리콘기판의 표면에 존재하는 이물은 물론이고, 표면근방영역에 존재하는 결정결함에도 기인하고 있다. 실리콘기판의 표면근방영역이란 구체적으로는 기판표면에서 약 0.5 $\mu$ m의 깊이까지의 영역을 가리키며, LSI 등의 디바이스 제조공정에서 산화되어 절연층(실리콘산화막)으로 변환되고, 또는 기판표면에 금속박막을 집합하여 공핍층(空乏層)으로 변환되는 부분이다. 이 부분에 존재하는 결정결함은 실리콘산화막에 구조결함을 형성하여 LSI 등 작상에 절연파괴를 일으키고, 또한, 공핍층에 있어서의 라이크전류를 다량으로 발생시킨다. 이것과는 대조적으로, 표면근방영역보다 깊은 영역에 존재하는 결정결함, 특히 산소석출물은 여러 가지 제조공정에서 실리콘기판내에 혼입되어오는 금속 이온을 포획(捕獲)하여, 기판의 표면근방영역의 금속오염을 방지하는 효과(게터링(gettering)효과)가 있다.

따라서, LSI 제조에 사용하는 실리콘기판의 품질관리를 위해서는 기판표면의 이물검출은 물론, 표면근방영역에 존재하는 결정결함의 선택적인 검출도 행할 수 있는 검사장치가 필요하다.

또한, 박막트랜지스터(예컨대, 아모르퍼스실리콘 박막)로 이루어지는 액정표시장치의 제조에 있어서도, 박막이 형성되는 투명기판의 표면상의 이물이나 표면 근방영역에 존재하는 이물 또는 결함, 박막형성프로세스에 있어서 박막의 내부에 혼입하고 또는 표면에 부착하는 이물의 검출이 제품의 품질관리에 불가결하다.

이것에 대하여, 특개소63-12943호 공보(혹은 이것에 대응하는 미국특허 제4,893,932호)에 시료표면에 S 편광의 빛과 P 편광의 빛을 조사하여, 시료표면의 위쪽 또는 아래쪽에 존재하는 이물 또는 결함을 검출하는 장치가 기재되어 있다. 이 장치는 시료표면상의 이물과 결함으로 산란되는 조사광의 산란강도분포가 편광방향에 의해 달라지는 것을 이용하여, 시료표면의 위쪽 존재하는 이물 또는 결함의 검출을 행하는 것이다. 그러나, 이 장치발명을 개시하는 상기 명세서에는 시료표면의 아래쪽(즉 결함층이 공기보다 큰 매질층)에 존재하는 이물 또는 결함의 검출에 대하여는, 아무런 구체적인 기재는 없었다.

한편, 특개평5-264468호 공보에는 피검사물체 표면에서의 광정보를 비교적 많이 발생시키는 파장의 제1의 빛과 피검사 물체 내부표면에서의 광정보를 비교적 많이 발생시키는 파장의 제2의 빛을 피검사 물체에 조사하여, 조사광의 피검사 물체 표면 또는 내부의 결함에 의한 산란으로 발생된 산란광의 상(산란상)을 제1의 파장 및 제2의 파장에 대하여 각각 관측하는 장치가 기재되어 있다. 이 장치는 제1 및 제2의 파장의 각 산란상을 비교하여 결함의 존재위치가 피검사 물체의 표면인지 내부인지의 식별을 행하고, 또 제2의 파장의 산란상에서 피검사 물체 내부의 결함위치의 깊이정보를 얻는 것이다. 그러나, 피검사 물체 내부의 결함의 깊이 분석은 제2의 파장의 빛만으로 행하기 때문에(내부결함만의 정보추출을 위하여 제1의 파장의 빛의 광정보를 제거한다), 그 깊이 분해능은 광학적 결상성능으로 결정되며, 조사광의 파장, 즉 1 $\mu$ m정도이었기 때문에 실리콘기판의 표면근방영역의 결함을 선택적으로 검출하는 것은 가능하지 않았다. 또한 상기 공보에는 이 제2의 파장의 빛이 피검사 물체 내부에서 감쇠하는 문제에 대한 기재는 없었다.

특개평2-61540호에는 광투과성의 평면상의 피검사물(박막, 또는 비교적 얇은 투명판 등)의 위쪽 또는 아래쪽 표면에 부착된 이물의 식별과, 그 크기의 판정을 용이하게 행할 수 있는 결함검사장치가 기재되어 있다. 이 장치는 피검사물에 대하여 다른 투과율을 가진 제1의 광속(光束)과 제2의 광속을 조사(照射)하여, 각각의 산란광신호 강도의 대소관계에 의거하여 이물이 입사면에 부착하고 있는지 그 반대면에 부착하고 있는지를 판정하는 것이다. 그러나 상기 공보에는, 피검사물의 내부에 존재하는 결함의 깊이위치를 구하는 것은 아무런 기재가 되어 있지 않다.

한편, 시료의 표면상의 이물 및 표면근방영역의 이물이나 결정결함의 검출에 앞서서 계측장치의 검출감도 등의 교정을 행하기 위한 표준시료가 필요하다. 표면상의 이물검출을 위한 표준시료로서는, 특개평 5-340884호 공보에는 크기와 굴절율을 이미 알고 있는 표준미립자를 기판표면에 부착시킨 것이, 특개평 5-332913호 공보에는 투명기판상에 입자상을 축소하여 전사한 것이 각각 기재되어 있다. 그러나, 시료의 표면근방영역 즉 표면에서부터 조사광의 파장보다 짧은 깊이로 존재하는 결함을 검출하기 위한 표준시료를 기재한 문헌은 아직도 없었다.

## [발명의 개시]

상기 각 공보에 기재된 장치는 시료의 표면상의 이물과 내부의 이물 또는 결함을 식별하여 측정하는 것에 대하여는 배려되어 있지 않고, 또한 시료내부의 이물 또는 결함검출의 깊이방향의 분해능이 조사광의 범위를 또는 초점심도(1 $\mu$ m이상) 정도이었다. 따라서, LSI 등의 디바이스가 형성되는 실리콘표면에서 0.5 $\mu$ m 이내의 영역의 결함을 선택적으로 검출할 수 없기 때문에, 내부결함을 가진 실리콘기판에서 디바이스불량을 일으키는 것과 일으키지 않는 것을 선별할 수 없고, LSI 등의 디바이스제조프로세스에서의 품질관리의 장해로 되어 있었다.

본 발명은 종래 기술에서는 불가능하였던 표면상의 이물, 표면근방영역의 내부결함, 및 이것보다 깊은 영역의 내부결함을 각각 구별하여, 디바이스 제조프로세스에서의 품질관리를 향상시키는 기판재료 등의 시료의 검사장치, 검사방법 및 이것을 응용한 반도체장치의 제조방법을 제공하는 것을 목적으로 한다. 또

본 발명은 이들 검사장치, 검사방법에 있어서 검출정밀도나 검출감도의 교정을 행하기 위한 표준시료 및 그 제조방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

상기 발명의 목적을 달성하기 위하여 시료표면에 빛을 조사하여, 표면상의 이물과 내부에 존재하는 결함을 조사광의 산란의 차이를 이용하여 구별하고, 내부결함의 깊이위치를 조사광(산란광)의 파장에 의존한 시료내부에서의 강도의 감쇠를 이용하여 조사광의 파장 이하의 깊이분해능으로 계측한다. 구체적으로는 우선, 적어도 하나의 광원을 가진 광원부와, 광원부에서 방사된 광을 집속하여 시료의 표면에 조사하는 제1의 광학계와, 시료를 덮어놓는 시료대와, 시료표면에서 방사되는 빛을 집광하는 제2의 광학계와, 제2의 광학계에서 집광된 빛을 복수의 광로로 분할하는 수단과, 분할된 빛을 각각 검출하는 복수의 검출기와, 각 검출기에서 검출된 광신호를 받아 신호강도비를 연산하는 연산수단으로 이루어지고, 제1 및 제2의 광학계가 각각의 광축의 시료표면의 법선에 대한 각도(이하, 입사각)가 서로 다른 2개의 광학계의 광축이 이루는 각도가 50°에서 120°의 사이에 있도록 배치된 장치를 구성한다. 이 장치에는 시료표면에서의 빛의 조사위치를 조사하는 수단을 마련하는 것이 바람직하다. 조사위치의 조사수단으로서 시료대를 이동하는 것과 광빔을 이동하는 것을 어느것이라도 좋다.

시료표면상의 이물과 시료내부의 결함을 식별하는 방법에서는 조사광으로서 제1의 광학계의 광축(조사광 광축)과 제2의 광학계의 광축(검출산란광 광축)이 이루는 가상적인 평면(이하, 판촉면)에 수직인 편광성분과 평행한 편광성분의 양쪽의 성분을 가지는 것을 이용한다. 이 경우, 조사광은 원(圓)편광이라도 무(無)편광이라도 직선편광이라도 좋다. 시료표면상의 이물 또는 내부의 결함에서의 산란광은 제2의 광학계의 후단에 광로를 분할하는 수단으로서 마련된 편광 프리즘에서, 판촉면에 수직인 전기벡터를 가진 편광 성분(강도  $I_v$ )과 평행한 전기벡터를 가진 성분(강도  $I_h$ )으로 분리된다. 광로를 하프미러로 분할하고, 하프미러와 검출기의 사이에 편광필터를 넣어 편광성분을 분리하여도 된다. 분리된 각 편광성분의 광강도를 각각 검출기로 검출하고, 편광방향이 서로 90도 다른 산란광의 검출신호를 입자마다 컴퓨터에 입력하여 그 신호강도비  $I_v / I_h$ 를 계산한다. 이 강도비를  $I_v$ 의 값으로부터 Mie 산란이론으로 구한, 예를 들면 표면상의 이물을 폴리스틸렌 환산입자지름이 0.5 $\mu\text{m}$ 이하인 입자로서,  $I_v / I_h > 0.3$ 이면 표면이물로 하고,  $I_v / I_h < 0.3$ 이면 내부결함으로 한다. 이 경우, 산란각도와 산란광의 편광방향별 강도비( $I_v / I_h$ )를 미리 계산하고, 이것과 상기 방법에 의해 측정된 데이터를 대조하여 시료의 표면정보와 내부정보를 구별하는 것이 바람직하다. 조사방향은 시료평면에 대략 수직이거나 비스듬한 입사라도 좋다.

조사광으로서 시료내부에서의 감쇠율이 작은(즉, 시료를 투과하기 쉬운) 제1의 파장의 빛과 큰(즉, 시료에 흡수되기 쉬운) 제2의 파장의 빛으로 이루어지는 빛을 사용한다. 이 조사광은 파장별로 광원을 마련하여 각 광원에서의 빛을 제1의 광학계의 전단에서 합쳐도, 또는 제1의 파장의 빛을 발생시키는 광원과 이 빛의 고조파광(高調波光)을 생성하는 수단을 사용하여도 된다. 조사광의 시료표면으로의 주사는, 전술한 표면상의 이물과 내부결함을 식별하는 경우와 동일하게 행하면 된다. 시료에서 발생한 산란광은, 제2의 광학계에서 집광된다. 제2의 광학계에는 조사광의 2파장에 대하여 색수차(色收差)를 저감한 대물렌즈를 사용하는 것이 바람직하다. 제2의 광학계에서 집광된 산란광은 조사파장별로 분리하여 파장마다 각각의 광검출기로 검출된다. 파장마다의 검출신호에서 이들 2개의 신호강도비를, 이것을 각각의 조사광파장의 시료의 소외계수(消衰係數)에서 미리 계산된 값과 비교하여 대조하여, 시료내부의 이물 또는 결함의 깊이를 도출하면 된다.

상기의 산란광강도의 측정방법으로서, 헤테로다인 검출로 측정하는 방법을 사용하여도 된다. 이 방법에서는 서로 코히어런트로 주파수가 약간 다른 참조광과 결함에서의 산란광을 간섭시킨 빛을 검출하여 얻어지는 비트신호의 진폭을 각각의 상기 제1의 파장과 제2의 파장으로 구하고, 산란광강도는 그 비트신호의 진폭의 제곱으로 구한다.

상기 조사광의 제1의 파장  $\lambda_1$ 과 제2의 파장  $\lambda_2$ 의 각각의 설정은, 다음의 관계를 만족하도록 파장선택한다. 즉, 시료의 내부결함 측정대상영역을 표면에서 깊이  $Z$ 이내의 영역으로 하면, 파장  $\lambda_1$ 과  $\lambda_2$ 에서의 빛의 시료에의 침입깊이를 각각  $r_1$ 과  $r_2$ 로 할 때,  $r_1 > r_2$  이고 표면으로부터 깊이  $r_2$ 인 위치에서 파장  $\lambda_1$ 인 조사광의 감쇠가 무시할 수 있고, 또  $r_2 \sim Z$ 를 만족하도록 한다.

또 제2의 파장을 가진 조사광이 시료에 흡수될 때에 시료에서 발생하는 형광의 영향을 제거하기 위하여 필터를 제2의 광학계 또는 그 후단에 마련하면 좋다. 또한 제1의 파장광과 제2의 파장광의 조사를 시간적으로 어긋나게 해도 된다. 이 어긋나게 하는 방법은 제1의 광학계 또는 그 전단에 마련된 초퍼(Chopper)에 의해 파장이 다른 2개의 조사광을 서로 번갈아 간헐적으로 조사하여도되며, 제14도에 도시하는 바와 같이 시료표면이 있는 위치가 주사에 따라 제1의 파장의 빛이 결함에 시간적으로 먼저 조사되고 제2의 파장의 빛이 후에 조사되도록 파장마다 시료의 조사위치를 조사방향으로 약간 어긋나게 해도 된다.

상술의 시료내부의 정보를 조사광의 파장이하의 분해능으로 표면근방영역과 이것보다 깊은 영역을 식별하여 얻는 방법에 있어서, 예를 들면 제2의 광학계의 후단의 광로분할수단을 복수개 마련하고, 검출광중의 제1 또는 제2의 적어도 하나의 파장의 빛을 다시 편광성분별로 검출함으로써, 상술의 표면정보와 내부정보와의 구별을 병행하여 행하여도 된다.

전술한 시료의 표면상의 이물 및 내부의 이물 또는 결함의 측정치에서 이들의 입자지름을 다음과 같이 구하여도 된다. 결함의 산란광 강도는 그 형상이나 복소굴절율(複素屈折率)(재질에 고유) 및 크기에 의존한다. 그래서, 표면상의 이물이나 내부결함의 형상을 구(球)로 하고 이물 또는 결함의 재료를 가정하여 그 복소굴절율의 값을 설정함으로써, 산란광의 측정강도치에서 이물 또는 결함의 입자지름을 구한다. 이 방법은 공기중 더스트모니터나 액중 더스트모니터에서의 더스트사이즈의 계측에 이미 채용되고 있지만, 내부결함의 측정에서도 응용이 가능하다. 내부결함계측에서는 LSI 제조용의 실리콘 기판의 검사 경우, 결함이 구형이고 또한 그 재질이 SiO<sub>2</sub>라고 가정하여, 산란광강도에서부터 크기를 산출하면 된다. 또 필요에 따라 처음부터 SiO<sub>2</sub> 이외의 복소굴절율을 사용하여 입자지름을 구하여도 된다. 예를 들면, Si 중에 공포(空包)가 존재한다고 가정하여, 산란체의 굴절율을 1로하여 입자지름을 구한다. 한편, 표면상의 이물에 대하여는 폴리스틸렌 환산으로 입자지름을 구하면 된다.

본 발명의 검사장치 또는 검사방법은 표면상의 이물 또는 시료내부의 이물 또는 결정결함에 의한 조사광의 광산란을 이용하기 때문에, 그 표준시료로서 상기 공지예에 기재된 것은 적합하지 않다. 기관표면에 전사된 입자상이나 실리콘표면에 폴리실릴렌입자를 실록산으로 고정한 시료에서는, 실리콘내부 결함입자에서는 입자 주위의 굴절률이 달라지므로 동일한 크기로 비교하여도 광산란 단면적이 다르고, 실제로 얻어지는 신호강도가 다르기 때문이다.

그래서 내부결함을 계속하는 장치에 알맞은 표준시료로서 모재와 굴절률이 다른 복수의 입자모양 부분이 표면에서 대략 일정한 깊이로 형성된 영역을 적어도 하나 갖는 구조의 표준시료를, 반도체제조기술을 응용하여 제작한다. 구체적으로는, 관찰하는 시료와 동일재료(모재)로 구성된 기관상에 검출대상의 동일한 (모재와 굴절률이 다르다) 물질의 복수의 입자모양 부분으로 이루어지는 미소한 패턴을 형성한다. 그위에, 기관과 동일재료의 박막을 형성하여 상기 패턴을 내부에 매입한다. 이렇게하여 형성된 미소패턴을 결정결함의 표준시료로 한다. 패턴의 매입 깊이를 조사광의 파장보다 작게 되도록 박막의 형성조건을 제어하면 좋다. 이 표준시료를 사용하여 결정 결함을 측정하는 장치의 검출감도와 깊이분해능을 교정한 결정결함계측을 행한다. 표준시료로서 매입 깊이가 다른 복수의 패턴을 가지는 것을 제작하여도 좋다.

또 전술한 검사장치, 검사방법을 아래와 같이 반도체장치의 각 제조공정에서 이용할 수 있다. 웨이퍼를 납품 받을 때에 있어서는, 표면상의 이물의 면내밀도와 내부 결함의 농도가 요구기준치를 달성하는지 여부를 검사한다. 이온주입 후의 불순물 확산 열처리공정 후에 있어서는 반도체장치를 제조하는 일련의 공정의 도중 또는 완성상태에서, 웨이퍼상의 스크라이브영역의 일부에 반도체장치의 접합 등의 소자구조의 일부분을 형성하여, 상기 계속장치에 의해서 반도체표면에서 0.5 $\mu\text{m}$ 이내의 영역에서의 결정결함과 표면 이물을 구별하면서 검사한다. 이 단계에서, 표면근방영역의 결함의 검사에서 적당한 처리(예를 들면 열처리 등)로 소멸할 수 있는 결함을 식별하여, 기준밖이면서 결함밀도의 저감처리가 가능한 웨이퍼에 대하여 이것을 일단 라인에서 빼서 열처리를 행하고 재차 검사를 행하여 결함밀도가 기준치의 범위내에 들어간 경우에 정상품으로서 라인으로 되돌려도 된다.

다음에 본 발명의 검사장치 및 검사방법의 기능을 광학에 관한 지식에 의거하여 설명한다. 조사광의 시료 표면 또는 시료내부에서의 산란에 대하여는, M.보른, E.윌프저 「광학의 원리」 (토오카이대학 출판, 1975년)의 기재를 참조하였다.

본 발명의 검사장치는 이하의 각 기능에 관한 상세한 설명과 같이, 시료의 표면상에 존재하는 이물과 내부에 존재하는 이물 또는 결정결함과의 각각에 의한 광산란의 차이, 즉 전자에 의한 옆쪽 산란광과 후자에 의한 뒤쪽 산란광으로 양자를 식별하여 계속하는 것에 특징을 갖는다. 따라서, 시료에 빛을 조사하기 위한 제1의 광학계와 시료에서의 빛을 집광하는 제2의 광학계의 각각의 광축이 시료표면에서 교차하는 각도(이하, 검출각도)의 설정이 중요하게 된다. 즉, 검출각도가 너무 작으면 표면상의 이물에 대하여도 후방산란광으로서 측정하기 때문에, 양자의 식별이 불가능하게 되는 문제가 있다. 또한, 각각의 광학계의 광축을 시료표면의 법선에 대하여 대칭으로 배치하면 조사광의 시료표면에서의 반사에 의한 백 그라운드 신호가 높게 되는 문제가 있다. 이들 문제를 감안하여 본 발명에 있어서는 제1의 광학계와 제2의 광학계를, 쌍방의 광학계의 광축의 각각의 시료표면에 대한 입사각도가 다르고(즉, 쌍방의 광축이 시료 표면의 법선에 대하여 비대칭으로 되고), 또한 쌍방의 입사각도의 차(즉, 검출각도)가 50°에서 120°의 사이에 있도록 조건을 충족하도록 배치한다.

본 발명의 장치에 의한 표면상의 이물과 내부결함을 식별하는 기능을 제1도 및 제2도에 의해 설명한다. 각각의 도면의 구성요소는 후술하는 실시예 1의 제15도에 준한다. 제1도는 시료(14)의 표면상의 이물(4)로부터의 산란광의 검출을, 제2도는 시료(14)의 내부의 결함(21)으로부터의 산란광을 검출하고 있는 모양을 각각 나타낸다. 여기서는, 실리콘웨이퍼를 시료로 하여 광원(1)에서 방사되는 조사광 (2)은 원편광의 레이저광으로서 설명한다. 2개의 도면이 도시하는 바와 같이 동일한 조사(제1) 및 검출(제2) 광학계(3, 5)를 사용하여도 검출되는 산란광의 산란각도는 표면의 이물의 경우와 내부결함에서는 다르다. 즉, 내부결함에서의 산란광은 대기과 실리콘과의 계면에서 굴절하는 만큼, 뒤쪽 산란각도의 영역으로 검출각도가 어긋나게 된다. 표면이물의 경우의 각도범위를 ( $\theta_{1s} \sim \theta_{2s}$ )로 하고, 내부결함의 경우의 각도범위를 ( $\theta_{1i} \sim \theta_{2i}$ )로 나타내면,  $\theta_{1s}$ 와  $\theta_{1i}$ 와의 관계와  $\theta_{2s}$ 와  $\theta_{2i}$ 의 관계는 각각 스넬의 법칙에 의해 다음 수식으로 나타낸다( $n$ 는 실리콘웨이퍼의 굴절률,  $x$ 는 1 또는 2),

$$\theta_{xi} = 180^\circ - \arcsin[\sin(180^\circ - \theta_{xs})/n] \dots (\text{수식 } 1)$$

예컨대, 제1도와 같이 제1 및 제2의 광학계(3, 5)를 검출각도( $\theta_d$ )가 75°가 되도록 배치하여 측정하면, 표면상의 이물(4)에 의한 산란광의 산란중심각도( $\theta_s$ )는 105°로 되며 거의 옆쪽산란광을 검출하는 것으로 된다. 제2도에서, 제1도와 같이 광학계를 배치하면, 실리콘의 굴절률:  $n=3.56$ (파장 1064nm에서의 값)과 대기중의 굴절률:  $n=1.0$ 에서 실리콘 내부의 결함에서의 산란각도는 164.5도가 되어 대부분 뒤쪽 산란광을 검출하는 것으로 된다. 따라서, 시료표면상의 정보와 시료내부의 정보를 검출각도의 설정에 의해, 옆쪽 산란광과 뒤쪽 산란광으로서 추출하고, 산란각도에 의한 빛의 편광도의 차이를 이용하여 2종류의 정보를 식별할 수 있다. 파장에 비해 충분히 작은 입자에서의 산란현상을 기술하는 레일리 산란에 의하면, 미립자에 무편광인 빛을 조사한 경우는 옆쪽 산란광은 편광면에 수직인 방향으로 편광되어 있고 뒤쪽 산란광은 무편광인 것이 알려져 있다.

그래서 레일리 산란의 지식에 의거하여 조사광 파장: 1.064 $\mu\text{m}$ , 검출용 렌즈의 개구수(N. A. 값): 0.1로 하고 옆쪽 산란을  $\theta_c: 105^\circ$ 의 계산조건에서, 뒤쪽 산란을  $\theta_c: 164.5^\circ$ 의 계산조건에서 각각의 경우에 대하여,  $P = I_v / I_h$ 의 값( $P$ 값)을 미립자의 입자지름과 굴절률을 바꾸어 계산하여, 제3도와 제4도에 등고선 표시하였다. 여기서 주목해야 할 것은, 표면상의 이물의 검출조건에 대응하는 제3도는 입자지름 0.5 $\mu\text{m}$  이하인 경우  $P > 0.3$ 인 점과, 내부결함의 검출조건에 대응하는 제4도는 입자지름 및 굴절률에 거의 의존하지 않고 약 1의 값을 가지고 있는 것이다(이 계산범위내에서의 최소치는 1.0이며, 최대치는 1.57이다). 또, 조사광의 파장에 비해 결함의 입자지름이 충분히 작은 경우의 상대적인 미분 산란 단면적의 산란각도 의존성을 제5도에 나타낸다. 실선은 편광면에 대하여 산란광의 전기벡터가 수직인 편광성분을 가진 산란광의 미분산란 단면적이고, 점선은 편광면에 대하여 전기벡터가 평행한 편광성분을 가지는 산란광

의 미분산란 단면적이다. 제5도에서 관측면에 대하여 전기벡터가 수직인 편광성분을 가진 산란광의 강도 ( $I_v$ )와 평행한 성분을 갖는 산란광의 강도 ( $I_h$ )와의 미분산란 단면적의 산란각도 의존성의 차이에 착안하여, 그 강도비 ( $I_v/I_h$ )로부터 시료의 표면상의 이물체에 의한 옆쪽 산란광과 내부의 결함에 의한 뒤쪽 산란광을 식별할 수 있다. 이 미분산란 단면적을 시료표면의 법선을 중심으로 한 산란입체각에 대하여 적분함으로써, 검출되는 산란광강도에 비례한 양이 얻어진다. 또한, 표면이물을 조사광의 파장의 반 정도로 크게 한 경우의 미분산란 단면적의 산란각도 의존성을 제6도에 나타낸다(조사광 파장:  $1.064\mu\text{m}$ , 표면상의 이물: 입자지름  $0.5\mu\text{m}$ 인 폴리실리콘 입자(굴절률 1.59)로 환산), 실선, 점선은 각각 제5도에 준한다. 이와 같이 표면상의 이물이 폴리실리콘 혼산입자지름으로  $0.5\mu\text{m}$ 이내인 경우라도,  $I_v / I_h$ 에서 시료표면상의 이물과 시료내부의 결함을 변별할 수 있는 것이 이론적으로 뒷받침되었다.

한편, 내부결함(21)에서의 산란광은 실리콘기판 내부에서 대기로 출사(出射)할 때에, 그 계면에서 제7도에 도시하는 바와 같이 관측면에 수직인 성분이 주로 내부반사를 일으켜, 그 강도는 약 20%로 감소한다. 제8도는 산란광의 내부반사의 반사율과 실리콘내부의 결함에서 계면으로의 입사각도  $\theta$ 와의 관계를 산란광의 편광방향별로 계산한 것이다. 편광방향에 관측면에 수직인 성분의 반사율이 입사각도 15.5도(표면에서의 출사각도는 75도, 산란각도로서는 164.5도에 대응한다)에 있어서 약 80%이기 때문에, 투과하여 검출되는 광강도는 약 20%로 감소한다. 한편, 관측면에 평행한 성분의 반사율은 거의 0%이기 때문에, 결함에서의 산란광 강도는 거의 감소하는 일없이 검출기에 도달한다. 따라서 기판내부에 존재하는 결함에서의 산란광에 관한 편광의 강도비 P의 실측치는 제4도 내지 제6도에서 구해지는 P값의 약 20%이며,  $0.2 < P < 0.3$ 으로 된다. 그래서, 검출한 입자에 대하여, 입자지름  $0.5\mu\text{m}$ 이내의 경우에 관해서만 한정하면,  $P < 0.3$ 의 경우는 내부결함이고,  $P > 0.3$ 의 경우는 표면이물이 된다. 이 P 값은 실제로는 장치고유의 인자에도 의존하기 때문에, 장치의 설계에 맞추어 보정을 하는 것이 바람직하다.

전술한 설명에서 밝혀진 것과 같이 본 발명에 의한 시료의 표면상의 이물과 내부의 결함의 변별에는 제5도 및 제6도에 나타내는  $I_v$  및  $I_h$ 의 산란각도 의존성과 제8도에 나타내는  $I_v$  및  $I_h$ 의 시료내부에서 표면으로의 입사각도 의존성에 의거하여, 제1의 광학계와 제2의 광학계의 배치를 정하는 것이 중요하다. 제5도 및 제6도는 시료의 표면상의 이물과 내부의 결함을 변별할 수 있는 조건을 산란각도  $\theta_c$ 를 파라미터로 하여 나타내지만, 실제로 검사장치를 구성하는 경우는 제1의 광학계와 제2의 광학계를 양자의 광축이 도시는  $\theta_c$ 의 영역에 대응된 검출각도  $\theta_d$  ( $\theta_d = 180^\circ - \theta_c$ 로 정의된다)를 충족하도록 배치하는 것이 중요하다. 또한, 검출각도에 의한 시료내부에서의 산란광의 내부반사조건, 즉 제8도에 나타내는  $I_v$ 와  $I_h$ 의 입사각도 의존성을 고려하는 것도 중요하다. 이를 조건을 합치면, 제1의 광학계와 제2의 광학계를 양자의 광축이 이루는 검출각도  $\theta_d$ 가 적어도  $50^\circ$ 에서  $120^\circ$ 의 사이에 있도록 배치할 필요가 있다. 덧붙여, 검출각도의 최적영역은 장치의 구성에도 의존하지만 대략  $70^\circ$ 에서  $100^\circ$ 의 사이에 있다.

이상은 빛을 시료표면의 대략 법선방향에서 조사시키는 광학계로 설명하였지만, 시료표면에 대하여 경사에서 조사하는 광학계에서도 표면이물과 내부결함을 식별하는 기능은 대강 동일하다. 참고로, 경사진 조사의 광학계에 대하여 제9도 및 제10도를 사용하여 설명한다. 제1도 및 제2도와 같이 시료(14)는 실리콘기판, 조사광(2)은 원편광의 레이저광으로 한다. 이 광학계에서는 제9도 및 제10도가 도시하는 바와 같이, 시료표면상의 이물(4)에서의 산란광과 시료내부의 결함(21)에서의 산란광에서는 검출입체각이 다르다. 여기서 조사광의 진행방향을 기준으로 하여 산란각도  $\theta$ 를 정의하면, 제9도에서 결정표면의 이물에 대하여는 대충  $90^\circ$ 보다 약간 뒤쪽으로서의 산란광을, 또한 제10도에서 결정내부의 결함에 대하여는 굴절에 의해 대충  $180^\circ$ 에 가까운 뒤쪽으로서의 산란광을, 각각 검출하는 것을 알 수 있다. 이상에서 제5도를 참조하여 관측면에 수직인 전기벡터를 갖는 편광성분의 산란광강도( $I_v$ )와 관측면에 평행한 전기벡터를 갖는 편광성분의 산란광강도( $I_h$ )를 비교하면, 결정표면상의 이물로부터의 산란광에서는  $I_h < I_v$ 이고, 결정내부의 결함으로부터의 산란광에서는  $I_h$ 와  $I_v$ 는 거의 같게 되는 것을 알 수 있다. 또 파장  $1.064\mu\text{m}$ 의 조사광을 입사각  $75^\circ$ 로 실리콘결정(굴절률 3.56)에 조사한 경우, 관측면에 수직인 전기벡터를 가진 편광성분은 약 77%가 반사되는데 비해 관측면에 평행한 편광성분은 0.2%밖에 반사되지 않는다는 것을 고려하면 결정내부의 결함으로부터의 산란광에 대하여  $I_h > I_v$ 가 된다. 파장  $1.064\mu\text{m}$ 의 원편광의 조사광을 입사각  $75^\circ$ 로 실리콘결정(굴절률 3.56)에 조사하고, 결정표면의 법선방향의 산란광을 개구수가 0.4인 렌즈로 집광하는 제9도 및 제10도의 광학계에 있어서, 결정표면상의 이물에서는 산란각도가 약  $81^\circ$  ( $\theta_1$ )에서 약  $129^\circ$  ( $\theta_2$ )까지의 산란광을, 결정내부의 결함에서는 산란각도가 약  $158^\circ$  ( $\theta_1'$ )에서 약  $171^\circ$  ( $\theta_2'$ )까지의 산란광을 각각 검출할 수 있다. 이 예에서는 검출각도를  $75^\circ$ 로 설정하였지만, 그 밖의 검출각도나 반사율이 다른 시료에 있어서도, 마찬가지로의 산란각도차가 생긴다. 따라서, 제5도 및 제6도에 나타내는  $I_v$ 와  $I_h$ 와의 산란각도 의존성의 차와 제8도에 나타내는  $I_v$ 와  $I_h$ 와의 결정계면에서의 내부반사의 차를 감안하여 제1도 및 제2도의 광학계의 경우와 같이 검출각도를 설정함으로써, 표면상의 이물과 내부결함을 변별할 수 있다.

이상의 설명에서는, 조사광을 원편광의 레이저광으로 하였지만, 관측면에 대하여 수직인 편광성분과 평행한 편광성분을 갖는 빛이고 또 각각의 편광성분의 강도비를 알고있으면 원편광 이외라도 되고, 측정된  $I_h$ 와  $I_v$ 를 그 강도비에 의하여 보정함으로써 원편광 조사때와 같이 해석할 수 있다.

또 액정표시장치에 사용하는 마오르퍼스 실리콘 박막의 표면상과 내부의 이물을 구별하는 계측에 관하여도 굴절률이 3.59(파장  $1064\text{ nm}$ 에서의 값)로 큰 결정실리콘의 경우와 마찬가지로 본 발명에 의한 변별법을 적용할 수 있다.

다음에 본 발명의 검사장치 및 검사방법에서의 시료의 표면근방의 결함의 깊이 위치를 파장미하의 분해능으로 측정하는 원리를 제11도, 제12도 및 제13도를 이용하여 설명한다. 시료물질의 파장  $\lambda$ 에서의 굴절률을  $n$ , 소실율(消衰率)을  $k$ 라고 하면 입사광의 진폭이 표면의 값의  $1/e$ 이 되는 침입깊이  $r$ 는

$$r = \lambda / 2\pi k \cdots (\text{수식 } 2)$$

로 주어진다. 따라서, 공기중에서 입사각  $\theta$ 로 물질에 입사한 광강도는 표면에서의 깊이  $z$ 의 곳에서는  $\exp((-2z/r) \cos(\arcsin(\sin\theta/n)))$ 만 표면에서 감소하는 것으로 된다. 따라서 공기중에서 시료표면으로 빛이 입사각  $\theta$ 로 입사하여, 그 조사광이 시료내부의 결함에 의해 시료표면방향으로 산란된 빛을 어떤 입

체각으로 검출하는 경우를 생각한다. 그 검출입체각에 대한 결함의 적분산란단면적을  $\sigma$ , 입사광각도를  $\theta$ 로 하였을 때, 물질표면에서 깊이  $Z$ 의 위치에 있는 결함에서 산란광각도  $S$ 는 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$S = 1/\sigma \exp[-(2Z/r)(1+1/\{\cos(\arcsin(\sin\theta/n))\})] \dots (\text{수식 3})$$

지금, 시료의 파장  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ 에 대한 굴절율을 각각  $n_1$ ,  $n_2$ , 침입깊이를 각각  $r_1$ ,  $r_2$ , 입사광 각도를 각각  $\theta_1$ ,  $\theta_2$ , 측정되는 산란광각도를 각각  $S_1$ ,  $S_2$ , 적분산란 단면적을 각각  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ 라고 하면 이하의 식이 성립한다.

$$S_1 = 1/\sigma_1 \exp[-(2Z/r_1)(1+1/\{\cos(\arcsin(\sin\theta/n_1))\})] \dots (\text{수식 4})$$

$$S_2 = 1/\sigma_2 \exp[-(2Z/r_2)(1+1/\{\cos(\arcsin(\sin\theta/n_2))\})] \dots (\text{수식 5})$$

이상에 의해 결함의 깊이위치  $Z$ 는 다음과 같이 주어진다.

$$Z = C_1 \ln[C_2(S_1/S_2)(\sigma_2/\sigma_1)] \dots (\text{수식 6})$$

단,  $C_1$ 와  $C_2$ 는 장치 정수와 시료의 광학 정수로 이루어지고, 이하의 식으로 정의된다.

$$C_1 = 1/[(2/r_2)(1+1/\{\cos(\arcsin(\sin\theta/n_2))\}) - (2/r_1)(1+1/\{\cos(\arcsin(\sin\theta/n_1))\})] \dots (\text{수식 7})$$

$$C_2 = 12 / 11 \dots (\text{수식 8})$$

본 발명에 있어서 결함의 깊이위치를 구하기 위하여는 먼저 결함의 크기를 구할 필요가 있다. 수식 4에 있어서 시료를 투과하는 파장  $\lambda_1$ 의 빛, 즉  $r_1$ 이 무한히 큰 파장  $\lambda_1$ 의 빛을 사용하면 입사광각도  $\theta_1$  및 산란광각도  $S_1$ 는 결정내부에서 감소하지 않기 때문에, 어느 검출입체각에서의 적분산란단면적  $\sigma_1$ 은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$\sigma_1 = S_1 / 11 \dots (\text{수식 9})$$

또한, 이 경우는  $r_1$ 을 무한대로 두면  $C_1$ 은 다음과 같이 근사 된다.

$$C_1 = 1/[(2/r_2)(1+1/\{\cos(\arcsin(\sin\theta/n_2))\})] \dots (\text{수식 10})$$

이 경우, 파장  $\lambda_1$ 를 투과하는 빛으로 하였지만,  $r_1 > r_2$ 가 성립하고, 깊이  $r_2$ 에 있어서 파장  $\lambda_1$ 의 감쇠가 무시할 수 있는 경우라도 마찬가지로, 수식 9와 수식 10이 계속범위에서 성립한다. 예를 들면, 파장이 다른 빛의 침입깊이  $r_1$ ,  $r_2$ 가 10배이상 다른 경우이다. 적분산란단면적  $\sigma_1$ 을 알면, 결함의 굴절율을 가정하면 Mie 산란이론식에 의해 입자지름을 구할 수 있다. 본 발명에 있어서는 상기한 것과 같이  $SiO_2$  입자의 굴절율 1.45를 가정한다. 입자지름을 알면 시료에 흡수되는 파장  $\lambda_2$ 의 빛에 의한 어떤 검출입체각에서의 적분산란단면적  $\sigma_2$ 도 알 수 있으므로, 적분산란단면적의 비  $\sigma_1/\sigma_2$ 를 결정할 수 있다. 이것을 수식 6에 대입하면 깊이위치  $Z$ 를 얻을 수 있다. 이상의 구체적인 데이터 해석의 흐름은 제21도에 나타내었다. 이 도면의 직접검출모드가 상기 해석에 대응하고, 제일 먼저 투과하는 파장이 1064nm이고, 두 번째로 흡수되는 파장이 532nm이다. 깊이위치의 측정정밀도를 해석의 순서를 바탕으로 이하에 기술한다. 파장 532nm에서의 실리콘의 굴절율  $n = 4.15$ , 소실율  $k = 0.044$ 와 파장 1064 nm에서의 실리콘의 굴절율  $n = 3.56$ , 소실율  $k = 0.0022$ 를 사용하여, 각 파장의 조사광 강도의 감쇠율과 실리콘층의 깊이위치와의 관계를 나타낸 것이 제11도이다. 이 도면에서는 파장 488nm의 빛도 나타내었다. 이 파장에서의 실리콘의 굴절율은  $n = 4.367$ , 소실율  $k = 0.079$ 이다.

제12도에 제11도에서 얻은 파장 532nm의 산란광각도  $S_2$ 와 파장 1064nm의 산란광각도  $S_1$ 와의 비  $S_2/S_1$ 를 나타낸다. 여기서는 표면상에서의 비를 1로 하고 있다. 파장 488nm의 산란광각도  $S_3$ 와 파장 1064nm의 산란광각도  $S_1$ 와의 비  $S_3/S_1$ 도 합쳐서 나타내고 있다. 실리콘에 대하여 파장 1064nm의 레이저광과 파장 532nm의 레이저광을 같은 위치를 조사하여 조사한 경우에 얻어지는 산란광각도의 산호파형의 일례가 제13도이다. 이것에서  $S_2/S_1$ 를 구하고, 제12도의 관계를 이용하여  $S_2/S_1$ 에서 깊이위치를 구할 수 있다.

여기서, 본 발명의 검사방법에 대하여, 실리콘으로의 불순물확산에 의한 흡수계수의 변화가 주는 영향을 고찰한다. 도프량이 단위입방 센티미터당 10의 15승개의 어더인 실리콘기판의 경우는 도프에 의한 흡수계수의 변화는 무시할 수 있다. 그러나, 소자형성영역에서는 도프량이 단위입방 센티미터당 10의 20승개를 넘는 경우가 있어, 이 영역에서 파장 633nm에서의 소실계수는 엘립소미터(ellipsometer)로 측정한 결과, 0.055(도프없는 경우는 0.022)로 증대하여 있는 것을 알았다. 그러나, 소자형성영역의 확산층은 0.1  $\mu$ m 정도이기 때문에, 소실계수 0.055의 두께 0.1 $\mu$ m에서의 흡수율은 약 10%이고, 본 계측법에 대한 영향은 무시할 수 있을 정도로 작다. 따라서, 소자영역에서도 본 계측방법이 사용가능하다.

마모르퍼스실리콘의 경우는 굴절율의 값은  $n = 4.4$ (파장 532nm)와  $n = 3.59$ (파장 1064 nm)이고, 소실율의 값은  $k = 0.85$ (파장 532nm)와  $k = 0.048$ (파장 1064 nm)이다. 따라서, 마모르퍼스실리콘으로의 침입깊이는 3.5 $\mu$ m(파장 1064nm), 0.1 $\mu$ m(파장 532 nm)가 된다. 액정표시장치에 이용되는 박막 트랜지스터의 마모르퍼스실리콘층의 두께는 0.3 $\mu$ m 이하이므로 파장 1064 nm의 빛의 감쇠는 이 두께 이내에서는 무시할 수 있다. 따라서, 결정실리콘의 경우와 같이 파장 1064nm의 산란광각도에 의해서 입자지름을 결정하고, 전술한 바와 같이 파장 1064nm와 흡수되는 파장 예를 들면 532nm와의 산란광각도비로부터 수식 6을 이용하여 깊이 위치를 결정할 수 있다.

또, 시료의 표면근방의 미물 또는 결함의 깊이위치를 파장 이하의 분해능으로 측정하는 방법에 있어서도, 시료중의 미물 또는 결함에 의한 뒷쪽산란광을 측정하기 때문에, 이들의 뒷쪽산란광을 시료의 표면상의 미물에 의한 산란광으로부터 변별할 수 있는 조건을 충족하는 것이 필요하다. 따라서, 실제로 검사장치를 구성하는 경우는 제1의 광학계와 제2의 광학계를 양자의 광축이 제5도 및 제6도에 도시되는  $\theta_c$ 의 영역에

대응한 검출각도  $\theta_d$ 를 충족하도록 배치하는 것이 중요하다. 구체적으로는, 2개의 광학계가 이루는 각도는 전술한 시료의 표면정보와 내부정보를 변별하는 경우와 마찬가지로 적어도  $50^\circ$ 에서  $120^\circ$ 의 사이인 것이 필요하다(검출각도의 최적영역은 약  $70^\circ$ 에서  $100^\circ$ 의 사이가 된다).

전술한 시료표면상의 미물측정 및 시료내부의 미물 또는 결함의 측정치에서 미물 또는 결함의 크기를 Mie 산란이론(Ann. Phys. 제25권(1908) 제377페이지~ 제445페이지)에 의거하여, 미립자에 의한 산란광 강도와 미립자의 형상, 재질(굴절률과 흡수계수) 및 크기의 관계로부터 산출할 수 있다. 따라서, 크기를 정확히 구하기 위해서는 결함의 형상과 재질의 정보가 필요하다. 그러나, 검사해야 할 시료의 표면상 또는 내부에 존재하는 서브미크론 미터 사이즈의 미물 또는 결함의 형상과 재질을 광학적인 계측으로 측정하는 것은 곤란하고, 또한 빛도의 수단으로 사전에 형상과 재질을 측정하여 놓는 것도 측정하여야 할 결함의 수가 많은 점에서 현실적이지 않다. 그래서 본 발명에서는 표면상의 미물의 입자지름평가는 종래의 면판(面板)굴절률측정장치와 같이 폴리스틸렌입자-환산으로 미물의 입자지름을 구한다. 또, 측정시료가 실리콘 웨이퍼의 경우, 내부결함은 구형이고 재질이  $SiO_2$ 라고 가정하고, 산란광강도에서 크기를 산출하는 것이 타당하다. LSI 제조에 사용되고 있는 대부분의 실리콘결정기판은 CZ 법이라고 부르는 결정인상법으로 만들어지고, 이 결정에는 과포화상태의 산소를 함유하고 있기 때문에 LSI를 제조할 때의 각종 열처리에 의해 기판내부에  $SiO_2$  입자가 석출하여 내부결함을 형성하기 때문이다. 또한  $SiO_2$  입자의 입자지름은 거의  $0.2\mu m$ 이하인 것이 알려져 있고, 본 발명에 있어서의 조사광의 파장  $1.064\mu m$ 보다도 충분히 작다. 이와 같은 경우에는, 산란광강도는 미립자의 체적과 굴절률에 의존하고, 그 형상에는 의존하지 않는다. 그 때문에 굴절률을 가정하여(재질을 가정), 산란광강도가 같게 되는 구의 체적을 구하고, 그 반경 또는 지름(입자지름)을 구하도록 할 수 있다. 필요에 따라 체적을 구하여도 좋다. 이상과, 본 발명에 있어서 결함의 재질로서  $SiO_2$ 를, 형상으로서 구를 가정하는 이유이다. 또 이렇게 하여 정량화해 놓으면, 사전 또는 사후에 어떠한 방법에 의해 재질이 판명된 경우에, 그 굴절률과 흡수계수를 사용하여 실제의 크기를 구할 수 있다. 또한, 필요에 따라 처음부터  $SiO_2$  이외의 굴절률을 사용하여 크기를 구하는 것도 유효하다.

본 발명의 검사장치 및 검사방법에 사용하는 표준시료는 결함에 상당하는 미소한 패턴, 및 그 주변의 기판과 박막이 어느 것이나 측정시료와 동일한 재료로 표면근방영역에 구성된다. 그 때문에, 표준시료인 미소한 패턴의 사이즈와 미소한 결함의 사이즈가 같으면 산란광 강도도 같게 된다. 또, 고도로 진보한 반도체제조기술을 사용하고 있기 때문에, 미소한 결함의 사이즈와 매입깊이의 균일성 및 제어성이 우수하다.

#### [도면의 간단한 설명]

- 제1도는 본 발명에 의한 시료표면상의 미물에서의 산란광검출의 설명도.
- 제2도는 본 발명에 의한 시료내부의 결함에서의 산란광검출의 설명도.
- 제3도는 미립자에 의한 옆쪽산란에 있어서의 P 값의 미립자의 입자지름 및 굴절률에 대한 의존성을 나타낸 도면이다.
- 제4도는 미립자에 의한 뒷쪽산란에 있어서의 P 값의 미립자의 입자지름 및 굴절률에 대한 의존성을 나타낸 도면이다.
- 제5도는 조사광의 파장에 비해 산란체가 충분히 작을 때의 미분산란 단면적의 산란각도 의존성을 나타낸 도면이다.
- 제6도는 조사광의 파장을  $1.064\mu m$ , 산란체를 공기중의 입자지름  $0.5\mu m$ 인 폴리스틸렌 입자로 했을 때의 미분산란 단면적의 산란각도 의존성을 나타낸 도면이다.
- 제7도는 시료내부에서의 산란광의 내부반사의 설명도이다.
- 제8도는 실리콘내부의 결함에 의한 산란광의 내부반사의 반사율의 입사각도 의존성을 나타낸 도면이다.
- 제9도는 빛을 시료에 대하여 경사방향에서 조사할 때의 시료표면상의 미물에서의 산란광의 검출입체각을 나타낸 도면이다.
- 제10도는 빛을 시료에 대하여 경사방향에서 조사했을 때의 시료내부의 결함에서의 산란광의 검출입체각을 나타낸 도면이다.
- 제11도는 파장이 다른 조사광강도의 감쇠율의 실리콘깊이위치 의존성을 나타낸 도면이다.
- 제12도는 파장이 다른 산란광의 강도비의 실리콘깊이위치에 의한 변화를 나타낸 도면이다.
- 제13도는 파장이 다른 산란도에 의한 시료내부의 결함의 측정예를 나타낸 도면이다.
- 제14도는 본 발명의 2개의 파장의 빛의 조사위치를 주사방향으로 약간 어긋나게 한 예를 나타낸 도면이다.
- 제15도는 본 발명의 제1실시예의 개략구성도이다.
- 제16도는 본 발명의 제2실시예의 개략구성도이다.
- 제17도는 본 발명의 제2실시예에 의한 결정표면미물과 결정내부결함을 변별하여 계속한 결과를 나타낸 도면이다.
- 제18도는 본 발명의 제3실시예의 개략구성도이다.
- 제19도는 본 발명의 제4실시예의 개략구성도이다.
- 제20도는 본 발명의 제5실시예의 개략구성도이다.



- 제21도는 본 발명의 제5실시예에서의 측정데이터의 해석방법을 나타낸 흐름도이다.  
 제22도는 본 발명의 제6실시예의 표준시료의 제작프로세스의 일례를 나타내는 도면이다.  
 제23도는 본 발명의 제6실시예의 표준시료의 제작프로세스의 다른 예를 나타내는 도면이다.  
 제24도는 본 발명의 제7실시예의 실리콘웨이퍼의 품질관리의 흐름도이다.  
 제25도는 본 발명의 제7실시예의 실리콘웨이퍼 수입 검사의 흐름도이다.  
 제26도는 본 발명의 제7실시예의 실리콘웨이퍼의 불순물확산 열처리후의 검사의 흐름도이다.  
 제27도는 LSI가 형성된 실리콘웨이퍼를 나타낸 도면이다.  
 제28도는 종래의 실리콘웨이퍼의 스크라이브영역의 단면구조를 나타낸 도면이다.  
 제29도는 본 발명의 제8실시예의 실리콘웨이퍼의 스크라이브영역의 단면구조를 나타낸 도면이다.

#### [발명을 실시하기 위한 최선의 형태]

이하, 실시예에 의해 본 발명을 보다 상세히 설명한다.

#### [제1실시예]

실리콘웨이퍼의 이물결합계측에 적용하는 장치의 구성을 나타내는 제15도를 사용하여 설명한다. YAG 레이저광원(1)에서 발생된 파장  $1.064\mu\text{m}$ 의 직선 편광하고 있는 레이저광(2)을 1/4 파장판(11)에 의하여 원편광으로 하고, 렌즈(3)를 사용하여 집광하고, 목적으로 하는 고체시료인 실리콘웨이퍼(14)에 수직방향에서 조사한다. 실리콘웨이퍼표면상의 이물(4) 또는 내부의 결함(도시하지 않음)에서의 산란광을 조사방향과 75도 각도를 이루도록 설치한 렌즈(5)로 모아, 편광프리즘(6)으로 편광성분을 분리하여 검출한다. 이 경우의 편광성분은 관측면에 수직인 전기 벡터를 가진 편광성분의 강도 ( $I_v$ )와 평행한 것을 갖는 성분의 강도 ( $I_h$ )이다. 분리된 각각의 편광성분을 렌즈 (7,8)로 집광하여 광검출기(9,10)로 검출한다. 검출된 신호를 앰플리파이어(12)로 증폭하고 A/D 변환기(13)를 사용하여 수치화하여, 컴퓨터에 넣는다. 이상의 측정치를 시료를 주사하면서 행한다. 이 주사는 웨이퍼고정기구(15)로 웨이퍼를 주사스테이지(16)에 고정하고 주사스테이지를 수평방향으로 이동함으로써 행한다. 웨이퍼고정기구는 진공척도시하지 않음)에 의해 웨이퍼의 휨을 교정하는 기능을 가지고 있다. 그 웨이퍼에 접하는 부분은 웨이퍼오염을 막기 위하여 고순도의 석영으로 구성되어 있다. 상기 주사스테이지는 드라이버(17)를 통하여 컴퓨터(18)에 의하여 제어된다. 2 종류의 신호  $I_v$ 와  $I_h$ 와 함께 주사에 의한 이동량이 동시에 컴퓨터에 취입된다. 컴퓨터는 검출한 각 입자에 대하여  $I_v$ 에서 폴리스틸렌 환산 입자지름을 Mie 산란이론에 의해 계산한다. 구해진 입자지름이  $0.5\mu\text{m}$  이하인 입자에 대하여  $P = I_v / I_h$ 를 계산하고,  $P > 0.30$ 이면 표면이물,  $P < 0.30$ 이면 내부결함으로 분류한다. 여기서 내부결함이라 분류한 입자에 대하여 이번엔  $SiO_2$  환산입자지름을 구한다. 이상의 의해, 다음의 3종류의 데이터를 모니터(19)에 표시하고, 프린터(20)에 출력한다. 즉, 표면상 이물의 면내 분포와 그 폴리스틸렌 환산입자지름 분포, 내부결함의 면내 분포와 그  $SiO_2$  환산입자지름, 폴리스틸렌 환산 입자지름  $0.5\mu\text{m}$  이상의 표면 이물인지 내부결함인지를 판단 불가능한 입자의 면내 분포와 그 폴리스틸렌 환산입자지름 분포이다. 또, 필요에 따라서 이들 정보의 일부만을 구하고 또는 표시하여도 좋은 것은 말할 필요도 없다.

본 실시예에서는, 표면 이물과 내부결함과의 판정기준을  $P=0.3$ 으로 하였으나, 이 값은 장치사양에도 의존하므로 실험을 근거로 보정하는 것이 현실적이다. 실험방법으로서는, 예컨대 시료표면상에 입자지름  $0.2\mu\text{m}$ 의 폴리스틸렌 입자를 부착시킨 표준시료를 사용하여, 이 검출신호의  $I_v / I_h$  치를 구하고, 이 값을 판정기준치로 하면된다.

이상의 실시예에 있어서, 측정시료나 조사파장을 변경한 경우는, 굴절율이나 조사파장에 대하여 제3도나 제4도와 같은 계산을 행하고, 표면 이물과 내부결함을 구별할 수 있는 입자지름범위를 결정하여, 본 실시예와 같이 그 입자지름범위내에서  $P$ 의 값에 의하여 표면이물과 내부결함을 구별할 수 있다. 우리들의 실험결과에 의하면, 조사파장  $532\text{nm}$ 의 경우, 실리콘웨이퍼 표면상의 입자지름  $0.2\mu\text{m}$  폴리스틸렌입자에 관하여는  $I_v/I_h=3.1$ , 내부결함에 관하여는  $I_v/I_h=0.1\sim 1.0$ 의 값이 얻어지고 있다. 따라서, 이 경우 판정기준치를  $I_v/I_h=2.0\sim 3.0$ 으로 설정한다. 본 실시예에서는 조사광을 원편광으로 하였으나, 무편광이라도 된다. 또한 제15도에서는 조사방향이 시료표면에 대하여 대략 수직이지만 경사입사라도 된다. 이 경우, 중요한 것은 조사방향과 검출방향이 이루는 각도가 가능한 한 90도에 가까운 것이다.

본 실시예에 의하면, 어느 일정한 입자지름이하의 범위에서 시료의 표면상의 이물과 내부결함을 구별하고 또, 각각의 타당한 입자지름분포를 도출할 수 있는 효과가 있다. 따라서, 실리콘웨이퍼 등의 결정내부의 결함의 깊이위치를 조사파장 이하의 분해능으로 정확히 측정하는 것이 가능해진다. 상기 실시예는, 액정 표시장치에 이용되는 투명기판상의 아모르퍼스 실리콘 박막에도 적용할 수 있다.

#### [제2실시예]

제16도의 구성도를 사용하여 본 실시예를 설명한다. 파장  $1.064\mu\text{m}$ 의 직선편광된 YAG 레이저광(22)을 1/4 파장판(24)에 의하여 원편광으로 하고, 미러(25)를 지나서 렌즈(26)로 조여 넣은 후 CZ 형 실리콘웨이퍼(27)에 입사각 약  $75^\circ$ 로 조사한다. 이 웨이퍼(27)중에 포함되는 산소석출물( $SiO_2$  입자)이 결함으로서 검출된다. 결함으로부터의 산란광(31)을 NA가 0.4의 렌즈(28)를 사용하여 집광하고, 필터(29)에 의하여 형광을 제거한다. 이것을 편광 빔스플리터(30)에 의하여 산란광(31)을 조사광축과 산란광을 검출하는 광축이 이루는 평면(이하, 관측면)에 대하여 산란광의 전기벡터가 수직인 성분의 산란광과 평행한 성분의 산란광으로 분리한다. 분리된 각각의 편광성분을 렌즈(32,33)를 통과시켜 광검출기(34,35)를 사용하여 관측면에 대하여 산란광의 전기벡터가 수직인 산란광강도( $I_v$ )와 평행한 산란광강도( $I_h$ )를 각각 검출한다. 검



출된 신호를 앰플리파이어(36, 37)로 증폭하고 AD 변환기(38, 39)를 사용하여 수치화한다. 컴퓨터(40)에서 드라이버(41)를 사용하여 XY 스테이지(42)를 XY 방향으로 주사하면서, 순차로 수치화된 산란광강도( $I_v$ ,  $I_h$ )를 컴퓨터(40)에 취입한다. 검출한 각 입자에 대하여 컴퓨터(40)를 사용하여  $I_v$ 에서 폴리스틸렌 환산 입자지름을 Mie 산란이론에 의해 계산한다. 구해진 입자지름이  $0.5\mu\text{m}$ 이하인 입자에 대하여,  $I_v$ 와  $I_h$ 의 값을 비교하면서 표면의 이물인지 내부의 결함인지를 변별한다. 표면의 이물로 판정된 것에 대하여는 폴리스틸렌 환산으로, 내부의 결함으로 판정된 것에 대하여는  $\text{SiO}_2$  환산으로, 체적 또는 입자지름을 디스플레이(43) 및 프린터(44)로 출력한다. 제17도에 본 발명에 의하여 결정표면이물과 결정내부결함을 변별하여 계속한 예를 나타낸다. 원 원(45)은 결정내부의 결함이고,  $\text{SiO}_2$ 에 입자지름을 환산하여 표시하고 있다. 검 은 원(46)은 결정표면상의 이물이고, 폴리스틸렌입자에 입자지름을 환산하여 표시하고 있다. 여기서는  $I_h / I_v < 1$ 의 것을 표면이물로 하고  $I_h / I_v > 1$ 의 것을 결정내부의 결함으로 하였다. 또 측정계의 감도에 관하여는 미리 실리콘웨이퍼 표면상에 부착시켜진 입자지름을 미리 알고 있는 폴리스티렌 표준입자의 측정 등에 의하여 결정하여 둔다. 측정 중 웨이퍼표면의 높이는, 드라이버(47)를 사용하여 피에조 소자(48)를 제어함으로써 일정하게 유지하도록 한다. 이상의 수단에 있어서 산란광의 편광성분을 분리하는데 편광 빔스플리터(30)를 사용하는 대신에 하프미러와 글란틀슨프리즈(Gran-Thompson prism) 또는 톨슨프리즈를 사용하여 편광성분을 분리하여도 된다. 또한 본 실시예의 구성에 있어서, 입사각을  $75^\circ$  이외의 각도로 하여도 된다. 그 때, 결정결합에서의 산란광에 대하여는 뒤쪽 산란광을 검출하고, 표면이물에서의 산란광에 대하여는  $90^\circ$  방향으로의 산란광을 검출하는 것 같은 광학계의 배치가 바람직하다.

본 실시예에 있어서도, 제1실시예와 같은 효과가 얻어진다.

#### [제3실시예]

제18도의 구성도를 사용하여 본 실시예를 설명한다. 시료(57)는 실리콘웨이퍼이고, 파장  $1064\text{ nm}$ 의 YAG 레이저광원(49) 및 파장  $532\text{ nm}$ 의 YAG 레이저의 제2차 고조광(SHG) 광원(50)을 1/2 파장판(51, 52)에 의하여 피축정면판 표면에 대한 편광방향을 조정한다. 이들을 하프미러(53)를 사용하여 합류시켜 광축조정을 위한 슬릿(54)을 통과시킨 후, 미러(55)를 지나서 렌즈(56)로 조여 넣은 후, 실리콘웨이퍼(57)에 조사한다. 이 경우, 제14도에 도시하는 바와 같이, 파장  $532\text{ nm}$ 의 빛보다 파장  $1064\text{ nm}$ 의 빛의 폭이 주사에 따라 먼저 결함에 조사되는 것처럼 조사한다. 주사에 따른 산란광의 검출에 의해, 실리콘웨이퍼중 포함되는 산소결함( $\text{SiO}_2$  입자)이 빛의 산란체로서 검출된다. 광산란체인 결함에서의 산란광(58)을 렌즈(59)를 사용하여 집광하고, 하프미러(60)로 분기하여, 필터(61, 62)에 의하여 파장  $1064\text{ nm}$  및  $532\text{ nm}$ 의 빛만을 선택한다. 산란광(58)을 렌즈(63, 64)로 각각 집광하고, 광검출기(65, 66)로 검출하여 앰프(67, 68)에 의하여 증폭한다. 컴퓨터(69)에서 드라이버(70)를 사용하여 XY스테이지(71)를 XY 방향으로 주사하면서, 순차적으로 2종류의 산란광강도  $S_1$ (파장  $1064\text{ nm}$ )과  $S_2$ (파장  $532\text{ nm}$ )를 컴퓨터(69)에 취입한다. 각 결함의 2종류의 데이터중 파장  $1064\text{ nm}$ 의 쪽의 산란광강도  $S_1$ 과  $\text{SiO}_2$ 의 파장  $1064\text{ nm}$ 에서의 굴절을  $1.45$ 와 매체인 실리콘( $\text{Si}$ )의 굴절을  $3.56$ (파장  $1064\text{ nm}$ 에서의 값)을 사용하고 Mie 산란이론식에 의하여 결함의  $\text{SiO}_2$  환산입자지름  $d$ 를 구한다. 미리 산란이론에 의하여 산출하여 둔 산란단면적  $\sigma$ 와 입자지름  $d$ 와의 대응표에 의하여 파장  $532\text{ nm}$  및  $1064\text{ nm}$ 에서의 상기 입자지름  $d$ 의  $\text{SiO}_2$ 의 산란단면적의 비  $\sigma(532)/\sigma(1064)$ 를 구한다. 한편, 수식 5에서의  $C_1$ 과  $C_2$ 의 장치정수는 미리 실리콘웨이퍼 표면상에 부착시켜진 입자지름을 미리 알고 있는 폴리스틸렌 표준입자의 측정 등에 의하여 결정해 둔다. 이  $\sigma(1064)$ ,  $\sigma(532)$ ,  $\sigma(532)/\sigma(1064)$ 와 2종류의 산란광강도  $S_1(1064)$ 와  $S_2(532)$ 에 의하여, 수 5를 사용하여 깊이 위치를 결정한다. 이상과 같이 하여 각 결함에 대해서 크기와 깊이 위치를 도출하고, 그 결과를 디스플레이(72) 및 프린터(73)에 출력한다. 측정 중 웨이퍼 표면의 높이는 피에조 소자(74)를 이용한 서보기구(75)에 의하여 변동을  $2\mu\text{m}$  이내로 제어한다. 이상의 수단에 있어서 입사각을 조이기 위하여 렌즈(56)로 실린드리칼 렌즈를 사용한 편평한 빔 단면형상으로 조사하여, 그 편평한 조사영역에서의 산란광을 검출하는 광검출기로서 어레이검출기를 사용하고 편평한 조사영역에서의 산란광을 어레이소자마다 병렬로 결함을 검출하여 데이터를 취입하여도 된다. 이 경우는, 웨이퍼의 계속시간을 단축할 수 있다. 이상의 수단에 있어서 조사용의 집광렌즈는 파장  $1064\text{ nm}$ 과 파장  $532\text{ nm}$ 에서 색수차(色收差)가 적은 것이 바람직하다. 또한 이상의 수단에 있어서 하프미러(53)를 사용하여 레이저광을 합류시킨 후 동일한 렌즈(56)를 사용하여 웨이퍼(57)에 입사하는 대신에 각각의 레이저광을 합류시키지 않고 별도의 렌즈를 사용하여 조사하여도 된다. 또한 이상의 수단에서 앰프(67, 68)를 사용하여 신호를 증폭하고, 컴퓨터(69)에 데이터를 취입하여 수식 5를 사용하여 깊이 위치  $Z$ 를 구하는 대신에, 로그 앰프를 사용하여 신호를 증폭하고, 차동앰프를 사용하여 2개의 신호의 차를 취해 그 결과를 컴퓨터에 취입하여 깊이 위치  $Z$ 를 구하여도 된다. 왜냐하면, 수식 5를 로그 공식을 사용하여 변형하면 다음식의 관계가 되기 때문이다.

$$Z = C_1(\ln(S_1) - \ln(S_2) + \ln(C_2 \cdot \sigma_2 / \sigma_1)) \dots (\text{수식 } 11)$$

이때 한쪽 신호의 로그 앰프를 사용하여 증폭하고 그 결과를 컴퓨터에 취입하고, 로그 앰프를 사용하지 않은 쪽의 신호만 컴퓨터를 사용하여 로그를 취해 그들 값의 차에서 깊이 위치  $Z$ 를 구하여도 된다.

산란광을 집광하는 대물렌즈로서는, 그 초점심도가 파장  $\lambda_2$ 의 입사광의 결정보로의 침입깊이보다 충분히 긴 것이 바람직하다. 이유를 이하에 기술한다. 파장  $\lambda_1$ 인 빛의 초점심도 내에는 있지만 파장  $\lambda_2$ 인 빛의 초점심도 밖에 있는 결함으로부터 산란광을 검출하였다고 한다. 이때 대물렌즈의 초점심도가 파장  $\lambda_2$ 인 빛의 침입 깊이보다 짧던지 또는 같은 정도였다고 하면, 측정되는 산란광  $S_2$ 는 결함이 초점심도내에 있었던 경우에 비하여 작게 되어버린다. 그러면  $S_1/S_2$ 가 크게 되어 수식 5에서 깊이 위치  $Z$ 가 실제보다 깊은 값으로서 산출되어 버린다. 이와 같은 것을 피하기 위하여 검출용의 대물렌즈의 초점심도는  $r_2$ 보다 길지 않으면 안된다.

본 실시예에 의하면 시료의 내부에 존재하는 이물이나 결함의 표면에서의 깊이를 조사파장 이하의 분해능으로 정확히 측정할 수 있고, 또 각각의 타당한 입자지름분포를 도출할 수 있는 효과가 있다. 또한, 본 실시예에서는 실리콘웨이퍼의 결함계측에 대하여 기술하였지만, 작용에도 기술한 것처럼 액정표시판에 이용되는 박막트랜지스터의 아모르퍼스실리콘층의 이물계측에도 이용할 수 있다.

## [제4실시예]

제19도의 구성도를 사용하여 본 실시예를 설명한다. 파장 1064 nm의 YAG 레이저광원(76) 및 파장 532 nm의 YAG 레이저광의 제2차 고조광(SHG)광원(77) 및 파장 488 nm의 아르곤레이저광원(78)을 각각 1/2파장판(79, 80, 81)에 의하여 피축정결정표면에 대한 편광방향을 조정한다. 이들을 하프미러(82)를 사용하여 합류시켜 광축조정을 위한 슬릿(84)을 통과시킨 후, 미러(83)를 지나서 렌즈(85)로 조여 넣어 C2 실리코넬이퍼(90)에 조사한다.

이 웨이퍼중에 포함되는 산소색출물( $\text{SiO}_2$  입자)이 결합으로 검출된다. 결합에서의 산란광(87)을 렌즈(89)를 사용하여 집광하고, 하프미러(90)로 분기하여, 필터(91, 92, 93)에 의하여 파장 1064 nm, 파장 532 nm 및 파장 488 nm의 빛만을 선택한다. 이 필터(91, 92, 93)에 의하여 형광을 제거한 후, 산란광(87)을 렌즈(94, 95, 96)로 각각 집광하여, 광검출기(97, 98, 99)로 검출하여 앰프(100, 101, 102)에 의해 증폭한다. 컴퓨터(103)에서 드라이버(104)를 사용하여 XY 스테이지(105)를 XY 방향으로 주사하면서, 순차 3종류의 산란광장도 S1(파장 1064 nm)과 S2(파장 532 nm)와 S3(파장 488 nm)를 컴퓨터(103)에 취입한다. 각 결합의 3종류의 데이터중 파장 1064nm의 쪽의 산란광장도 S1과  $\text{SiO}_2$ 의 파장 1064 nm에서의 굴절률 1.45를 사용하여, Mie 산란이론식에 의하여 결합의 크기를 구한다. 미리 산란이론에 의하여 산출해둔 산란단면적  $\sigma$ 와 입자지름 d와의 대응표에 의하여, 파장 532 nm 및 1064nm에서의 상기 입자지름 d의  $\text{SiO}_2$ 의  $\sigma/2/\pi$ 를 구한다. 같은 순서에 의해, 파장 488 nm에서의 산란단면적  $\sigma/3$ 를 구하고, 각 결합에 대하여  $\sigma/3/\pi$ 를 구한다. 제3실시예와 같이 하여 장치정수 C1, C2를 결정해 두고, 이 C1과 C2와 3종류의 산란광장도 S1과 S2와 S3와 수  $\sigma/2/\pi$  및  $\sigma/3/\pi$ 를 사용하여 깊이위치를 결정한다. 이 경우는 제1 및 제3실시예와 같이 S2/S1만으로 깊이를 구하는 경우보다 깊이 3.5 $\mu\text{m}$ 보다 얇은 영역에서 깊이분해능이 향상된다. 이상과 같이 하여 각 결합에 대하여 크기와 깊이위치를 도출하여, 그 결과를 디스플레이(106) 및 프린터(107)에 출력한다. 측정중 웨이퍼표면의 높이는 피에조소자(108)를 이용한 서보기구(109)에 의하여 2 $\mu\text{m}$  이내로 제어한다. 이상의 수단에서 입사광을 조이기 위하여 렌즈를 사용하는 대신에 실린드릭알렌즈를 사용하여, 산란광을 검출하기 위한 광검출기 대신에 어레이검출기를 사용하여도 된다. 또한 이상의 수단에서 하프미러(82)를 사용하여 레이저광을 합류시킨 후 동일한 렌즈(85)를 사용하여 웨이퍼(86)에 입사하는 대신에, 각각의 레이저광을 합류시키지 않고 별도의 렌즈를 사용하여 시료에 조사하여도 된다. 본 실시예에서의 제3의 파장으로서, 488 nm의 대신에 더욱 단파장인 예컨대 458 nm의 아르곤이온레이저를 사용해도 된다.

본 실시예에 의하여 제3실시예와 같은 효과가 얻어진다.

## [제5실시예]

제20도의 구성도를 사용하여 본 실시예를 설명한다. 파장 1064nm의 YAG 레이저광원(200) 및 파장 532 nm의 YAG 레이저광의 제2차 고조광(SHG)광원(201)을 1/2파장판(202, 203)에 의하여 피축정결정(시료웨이퍼)(204)표면에 대한 편광방향을 조정한다. 각각의 레이저광을 하프미러(205)에 의하여 분기하여, 미러(206)등을 사용하여 각각 분기한 한쪽의 레이저광을 합류시키고, 렌즈(211)에 의해 조여 시료웨이퍼(204)표면에 입사한다. 하프미러(205)에서 분기한 다른쪽의 각각의 빛을 A/D 변조기(변조주파수: 20MHz)(207, 208) 및 개구(209)를 통하여 참조광으로 한다. 시료에서의 산란광을 대물렌즈를 사용하여 집광한다. 대물렌즈(210)로 집광한 결합으로부터의 산란광과 참조광을 하프프리즘(212)과 파장선택용 필터(312, 214)와 렌즈(215)를 투과시켜 검출기(파장 532nm는 광전자 증배관(216), 파장 1064 nm는 포토다이오드(217)에 넣는다. 검출기의 후단에는, 각각 앰프(218, 219)가 마련되어 있다. 측정은 시료 쪽을 주사하여 산란광을 검출하는 방법을 취한다. 시료웨이퍼(204)를 전공척 (220)으로 회전스테이지(221)에 고정하여 회전하면서, 또 회전중심에서 반경방향으로 X축스테이지(222)에 의해 일정한 속도로 외측으로 이동시켜 시료웨이퍼 전면 또는 일부분을 주사한다. 이들 스테이지는 로터리인코더와 리니어인코더로 이루어지는 주사제어 드라이버(223)와 스테이지 드라이버(224)에 의하여 제어된다. 웨이퍼내의 결합에서의 산란광은 주사와 함께 시간적으로 펄스로 되어 검출된다. 파장선택용 필터는 파장 532 nm의 빛에는 550 nm 이상의 장파장을 제거하는 필터(214)를 사용하고, 파장 1064 nm의 빛에는 파장 1064 nm의 밴드패스 필터(213)를 사용하고 있다.

계측의 모드는 직접검출모드와 헤테로다인 검출모드의 2개가 있다. 후자의 헤테로다인 검출모드는 20MHz의 간섭비트를 검출기로 검출하여, 파장마다 신호를 각각의 AOM 드라이버(232, 233)의 전환기(227)와 검출계의 전환기(234)로 서로 번갈아 전환하여 록인 익스텐더(lock in extender)(225)(록인앰프(226)의 대역을 20MHz이상으로 확대하는 것) 및 록인 (226)로 증폭하고, A/D 컨버터(228)로 디지털화하여 메모리(229)에 비축하여, 그 후 컴퓨터(230)로 전송한다. 직접검출모드에서는 참조광은 컷하고, 결합에서의 산란광을 직접 검출기로 검출한다. 이 모드에서는 록인 익스텐더 (225) 및 록인 앰프(226)를 경유하지 않고 A/D 컨버터(228)로 디지털화하여, 메모리 (229)에 넣고 그 후 컴퓨터(230)에 전송한다. 헤테로다인 검출모드와 직접검출모드의 전환은 신호전환기(231)로 행한다. 이 경우 참조광도 차광판의 삽입 등에 의해 컷한다.

측정 데이터의 해석은 제21도에 나타낸 것과 같이 행한다. 즉 헤테로다인 검출모드의 경우, 측정데이터는 각각의 파장의 산란광진폭신호와 검출위치좌표(회전중심에서의 거리(R)는 x축 스테이지의 리니어인코더에서 얻어지고, 회전각 $\theta$ 는 로터리인코더에서 얻어진다)이다. 이를 측정데이터중 파장 1064 nm의 산란진폭신호와 이미 구해 놓은 입자지름  $V$ , S. 산란단면적의 테이블에 의해,  $\text{SiO}_2$  환산입자지름 d를 구한다. 다음에, 그 입자지름 d에서의 파장 532nm에서의  $\text{SiO}_2$ 의 산란단면적과 파장 1064 nm에서의  $\text{SiO}_2$ 의 산란단면적과의 비  $\sigma(1064)/\sigma(532)$ 를 역시 테이블(입자지름  $V$ , S. 파장 1064 nm와 파장 532 nm의 산란단면적)의 참조에 의하여 구한다. 다음에, 2파장의 산란광진폭의 측정 데이터의 비를 취해 G를 구하고, 또 전송한 실시예와 같이 미리 구하여 둔 장치정수 C1과 C2를 사용하여 깊이위치 Z를 제21도에 따라서 구한다. 각 결합에 대하여 얻어진 결정결합의 웨이퍼내의 분포(깊이별 분포, 입자지름별 분포)는, 제어 데이터 버스라인(235)을 통하여 디스플레이 및 프린터로 전송되어, 표시 및 출력된다.

본 실시예의 장치구성은, 제3 및 제4실시예의 것보다 고감도의 측정을 가능하게 하는 효과를 갖는다.

#### [제6실시예]

결정결합을 계속하는 장치에서 이하에 기술하는 방법으로 제작한 표준입자를 계속하여, 그 결함사이즈와 깊이위치(특히, 표면근방영역)를 표준시료의 사양치에 맞추도록 조정함으로써, 결정결합계속장치의 교정을 행한다. 이 표준시료의 제작방법의 하나의 예를 우선 제22도를 사용하여 설명한다. FZ형 실리콘결정은 산소결핍을 거의 포함하지 않기 때문에, 이 결정을 표준시료기판(300)으로서 사용하는 것이 알맞다. FZ 실리콘결정기판(300)에 레지스터(301)를 도포하고, 전자선모화장치(電子線描寫裝置)에 의해 지름 0.5 $\mu$ m의 도트패턴을 묘화한다((a)). 도트 패턴의 간격은 계속시의 검출영역의 크기보다도 넓은 것이 바람직하다. 이것은, 좁은 경우에는 검출영역중에 미립자가 2개 이상 존재하는 것이 되어, 크기의 표준입자로서 기능하지 않게 되기 때문이다. 다음에 실리콘의 플라즈마 에칭처리를 행함으로써, 실리콘에 구멍(깊은 구멍)(302)을 판다((b)). 이 깊이는 0.5 $\mu$ m이다. 레지스터(301)를 제거한 후, 화학기상증착법(CVD 법)에 의해 실리콘표면에 산화막(303)을 성장시킨((c)) 후, 상기 막을 플라즈마에칭에 의하여 제거한다. 그 때, 깊은구멍(302) 이외의 평탄면에 존재하는 실리콘 산화막이 소실함과 동시에 에칭을 종료시키도록 하면, 깊은구멍(302)내의 SiO<sub>2</sub>는 제거되지 않고 남는다((d)). 에칭의 양을 가감함으로써, 깊은 구멍(302)의 깊이를 소망하는 길이로 한다. 그 후, 표면에 소망하는 두께의 아모르퍼스실리콘막(304)을 CVD 법에 의해 형성한다.((e)). 막두께는 퇴적시간이나 퇴적속도의 설정에 의해 0.1 $\mu$ m에서 10 $\mu$ m의 단위로 조정한다. 성장막에 있어서는, 형성중에서의 막의 결정화를 막기 위하여, 550°C 이하의 온도로 막형성을 행하는 것이 바람직하다. 이와 같이 저온화하면 막의 성장속도가 저하하기 때문에, 반응가스로서는 통상의 모노실란(SiH<sub>4</sub>) 대신에 디실란(Si<sub>2</sub>H<sub>6</sub>) 등의 고차실란(SiH<sub>4</sub>(n+1), n은 정수)를 사용함으로써 성장속도의 저하를 막는 것이 바람직하다. 또한, 아모르퍼스실리콘막의 형성방법으로서도 CVD 법 이외에 스퍼터링법을 사용하는 것도 가능하다. 또, 플라즈마방전을 이용한 CVD 법에 의하면, 300°C이하의 저온에서도 통상의 DVO 법과 같은 정도 이상의 속도로 아모르퍼스실리콘박막을 형성할 수가 있어 알맞다. 또, 본 실시예에서 아모르퍼스 실리콘을 형성한 것은 이하의 이유에 의한다. 즉, 다른 박막, 예를 들면 에피성장에 의한 실리콘박막을 사용한 경우에는, 동막이 결정화되어 있기 때문에 홀내에 형성한 SiO<sub>2</sub> 입자가 원인이 되어 전위(轉位)·적층결함 등이 발생하고 있고, 계속의 방해가 되는 일이 많기 때문이다. 그러나, 형성한 SiO<sub>2</sub> 입자가 큰 경우나 전위나 적층결함을 SiO<sub>2</sub> 입자와 구별하여 계속할 수 있는 경우에는, 전위나 적층결함이 존재하여도 계속에는 지장이 없고, 에피택셜성장에 의한 실리콘박막을 사용할 수가 있다. 이 경우에는 SiO<sub>2</sub> 입자의 위에 존재하는 실리콘박막의 광학정수가 단결정실리콘기판의 값에 가깝다고 하는 이점이 있다. 또 에피택셜 성장에 의한 실리콘박막 이외에도, CVD 법에 의해 형성한 다결정실리콘박막을 사용할 수도 있다. 또, 막형성후에 이온주입 등에 의하여 손상을 주어, 동실리콘박막을 비정질화하여도 된다. 다만, 현재, 공업적으로 입수가능한 이온주입 장치의 가속전압을 고려하면, 이 방법이 유효한 것은 실리콘박막이 1 $\mu$ m정도 이하의 경우인 것이 많다.

제23도에 표준시료의 다른 제작예를 나타낸다. 우선 FZ 실리콘결정기판 또는, 적어도 두께 1 $\mu$ m이상의 에피택셜성장층에 의한 실리콘박막을 표면에 형성시킨 실리콘결정기판(310)에 레지스터(311)를 도포하고((a)), 전자선모화장치에 의해 도트패턴(312)을 묘화하여((b)), 플라즈마에칭법에 의해 실리콘에 일정한 깊이의 구멍(313)을 판다((c)). 레지스터를 제거한 후 이 위에 두께 50 nm 이하의 실리콘산화막(314)을 형성한 실리콘웨이퍼(315)를 적층하는 방법((d)), 또는 그저 실리콘웨이퍼(316)를 적층하는 방법((e))에 의하여 제작한다. 이 적층하는 기술은 특허공보 소39-178679나 잡지 Appl. Phys. Lett. 1979년 발행 48권 78페이지에 기재되어 있다. 이상에 의하여, 실리콘층에 크기가 일정한 구멍이 표면에서 깊이가 일정한 위치에 형성된다. 이 제작방법에 의하면, 제22도에 나타내는 SiO<sub>2</sub>의 모의결합을 대신해 구멍(317)이 내부에 형성되기 때문에 굴절율이 1.0의 모의결합을 형성할 수 있다.

이상의 프로세스에서, 레지스터에 그리는 도트의 직경과 실리콘의 에칭깊이를 바꿈으로써 제작하는 모의결합의 사이즈를 제어하고 또한 표면에 형성하는 실리콘층의 두께를 바꿈으로써 모의결합의 표면에서의 깊이위치를 제어한다.

결정결합을 계속하는 장치로 본 발명에 의한 표준입자를 계속하고, 그 결함사이즈와 깊이위치를 표준시료의 사양치에 맞추도록 조정함으로써, 결정결합 계속장치의 교정을 행한다. 다만, 모의결합이 공동(空洞)인 표준시료는, SiO<sub>2</sub> 입자와의 굴절율의 차이에 의한 검출신호강도를 보정할 필요가 있다.

#### [제7실시예]

본 발명의 실시예인 제24도, 제25도, 제26도를 사용하여 설명한다. 본 발명은 반도체제조라인에서의 품질, 공정관리에 있어서 효과적으로 사용할 수가 있다.

제24도에 본 발명을 사용한 품질관리의 일반적인 흐름도를 나타낸다. 본 발명에 의한 검사장치에서는 비파괴 비점측의 검사가 가능하기 때문에 발체검사 뿐만 아니라 전수검사도 가능하다. 또한, 검사영역은 웨이퍼 전면을 검사하는 것이 바람직하지만, 검사시간을 단축하기 위하여 웨이퍼상의 특정한 영역만을 측정하여도 된다. 검사에 의하여 표면이물과 내부결합의 각각이 어느 기준치의 범위를 벗어나 있는 경우, 각각에 대하여 다른 대응이 필요하게 된다. 표면이물이 기준치보다 많은 경우에는 이물발생원인을 조사하여 이물의 발생을 저감시키는 것이 필요하다. 내부결합에 대하여는 기준치의 범위를 벗어나 있는 경우에는 웨이퍼의 사양을 재평가하고, 또는 열처리공정의 검토를 할 필요가 있다.

수입검사의 흐름도를 제25도에 나타낸다. 표면이물이 기준치보다 많은 경우, 이물발생원인이 웨이퍼 메이커에 있을 가능성이 높기 때문에 웨이퍼 메이커웨이퍼의 반환한 후 대책을 의뢰한다. 내부결합의 밀도에 대하여도 기준치에서 벗어나 있는 경우, 결함발생원인이 웨이퍼 메이커에 있을 가능성이 높기 때문에 웨이퍼 메이커에 웨이퍼의 반환한 후 대책을 의뢰한다. 어느 경우에도 표면이물과 내부결합을 구별하여 계속함으로써 불량원인이 명확하게 되기 때문에 웨이퍼 메이커는 대책을 세우기 쉽게 된다. 반도체제조

메이커도 수입 직후의 표면미를, 내부결합의 밀도를 파악하여 둠으로써 불량제품제조가 일어난 경우의 대책을 세우기 쉽게 된다.

이온 주입 공정에 계속되는 불순물확산 열처리공정의 후의 검사의 흐름도를 제26도에 나타낸다. 불순물확산 열처리공정에 의해 표면에 결함이 거의 존재하지 않는 02층이 형성되지만 디바이스 형성영역(표면에서의 깊이 0.5 $\mu$ m 이내)에 결함이 존재하면 소자불량이 생기는 원인이 된다. 결함중에는 적당한 열처리에 의하여 소멸시킬 수 있는 결함도 존재한다. 열처리에 의해 결함밀도를 저감시킬 수 있다고 판단된 경우에는 결함을 소멸하기 위해 열처리를 하여 라인으로 되돌려 재검사를 행한다. 재검사의 결과, 결함이 감소하여 결함밀도가 기준치의 범위내에 들어간 경우에는 정상품으로서 라인에 되돌려 정상동작하는 디바이스를 얻을 수 있다. 결함을 소멸시킬 수가 없다고 판단된 경우에는 웨이퍼를 이 단계에서 폐기함으로써, 후공정에 걸리는 부담, 코스트를 경감할 수 있다.

#### [제8실시예]

제27도 내지 제29도를 사용하여 본 실시예를 상세히 설명한다. 제27도에 도시하는 바와 같이, LSI 501은 통상 반도체기판(500)상에 매트릭스모양으로 형성된다. 이들 LSI의 사이의 영역 502와 503은, LSI 완성후 개개의 LSI로 절단하기 위해 깎아내는 영역(스크라이브영역)이다. 이들 영역에는 LSI 특성을 평가하기 위한 여러 가지 소자 미치 리소그래피에서의 맞춤용 패턴이 형성되어 있다. 제28도에 도시하는 바와 같이, 이들 소자의 사이에는 전기적으로 절연하기 위하여, 두꺼운 실리콘 산화막(510)(통상 필드산화막이라고 부른다)이 형성되어 있다. 이것에 비하여, 본 발명에서는 DRAM이 형성되는 반도체기판의 스크라이브영역의 적어도 일부에 DRAM의 접합과 같은 구조(제29도)를 형성한다. 즉, 공핍층(空乏層)(512), 확산층(513), 축적전극(514), 커패시터절연막(515), 플레이트전극(516), 층간절연막(511)이다. 이들중 축적전극(514)과 플레이트전극(516)의 재질은 어느 것이나 다결정실리콘이다. 이와 같은 구조로 함으로써 스크라이브영역에서의 반도체기판중에는 DRAM의 접합과 거의 같은 종류, 같은 수(말도분포)의 결함이 형성된다. 상기 DRAM을 제조하는 일련의 공정에서, 상기 스크라이브 영역의 반도체기판내에 존재하는 결정결함을 제1 실시예에 기재된 결정결함계속장치로 적당히 계속한다. 그 때, 적어도 실리콘기판(500)의 표면(박막이 형성되어 있는 경우에는 실리콘기판과 박막이 접하고 있는 계면)에서 깊이 1 $\mu$ m이내의 영역을 표면미물과 구별하여 계속하고, 그결과를 바탕으로 깊이 1 $\mu$ m 이내의 영역에 존재하는 결함의 밀도를 구하고, 관리기준을 초과하고 있는 경우에는 더욱 상세한 해석에 의해 원인을 규명하여 필요한 대책을 강구한다. 또한 표면미물의 입자지름과 면내 밀도분포를 구하고, 관리기준을 초과하고 있는 경우는 마찬가지로 표면미물을 풀이 도록 대책을 강구한다. 이것에 의해, LSI로서 완성하기 전에 문제의 추종이 가능하게 되며, 불량에 의한 손해를 저감할 수 있다. 또한, 고객에 대한 납기 지연 등의 문제가 발생할 가능성도 적어진다. 또, 본 발명에 기술된 계속은 비파괴이고, 또한 반도체기판을 오염하는 일도 없기 때문에, 결정결함 계속 후에는 다시 제2공정으로 되돌려 LSI로서 완성시킬 수 있기 때문에 낭비가 없다.

본 실시예에는 이하와 같은 이점도 있다. DRAM 완성후에 있어서도, LSI 테스트 등의 복잡하고 또한 비싼 장치에 의하지 않아도 리프레쉬 불량률의 발생상황의 파악을 할 수 있다. 특히, 어떠한 제조공정의 불량에 의해 DRAM으로서 정상으로 동작하지 않는 경우에도, 리프레쉬불량률의 발생상황의 파악을 할 수 있다. 또, 본 실시예에 있어서는 스크라이브영역에서 플레이트 전극 이후의 공정에서 형성되는 배선층을 제거하고 있으나, 이것은, 배선층을 구성하는 금속 또는 그 화합물이 적외광을 투과시키지 않기 때문에, 상기 결정결함 계속장치를 사용하여 반도체기판내의 결함을 관찰할 때에 장애가 되기 때문이다. 다른 한편, 다결정 실리콘에 있어서는, 본 실시예와 같이 도전성을 얻기 위하여 고농도로 도핑되어 있어도 그 두께의 합계가 1 $\mu$ m정도 이하의 경우에는 적외광이 투과하기 때문에, 반도체기판내의 결함을 관찰하는 것이 가능하다.

또, 스크라이브영역 이외의 영역, 예컨대 외부배선인출용 전극(분당패드)이 형성되는 영역에 상기 접합구조를 형성한 경우에도, 배선층이 형성되는 공정까지는, 적외광을 사용한 결정결함 계속장치로 반도체기판내의 결함을 관찰하는 것이 가능하다. 마찬가지로 접합특성평가용으로 형성되는 소자를 사용하여 반도체기판내의 결함을 관찰하는 것도 가능하다.

상기한 것과 같은 접합구조를 역지로 형성하지 않고, 필요에 따라 접합이 형성되어 있지 않은 영역에서 실리콘기판내에 형성된 결정결함을 계속하는 것도 유효하다. 특히, 실리콘기판내부에서의 산소의 석출물을 계속하고, 그 결과를 실리콘결정의 인상조건 및 제조공정에서의 열처리조건에 반영시키면, 오염의 게터링능력을 제어하는데 있어서 유효하다. 열처리조건에 반영을 시키는 방법으로서, 석출물의 밀도가 관리기준보다 적은 경우에는 열처리를 추가하거나 다음 공정 이후의 열처리를 고온화 또는 장시간화한다든지 하는 방법이 있다. 석출물이 밀도가 관리기준보다 많은 경우에는 그 반대로 하면 된다.

본 실시예는 DRAM 이지만, 프래쉬 메모리 등의 다른 메모리 LSI, 및 마이크로크로세서나 특정용도용의 LSI에 대하여 본 발명이 유효한 것은 말할 필요도 없다. 또 GaAs-ICL 반도체레이저 등의 실리콘 이외의 반도체장치에 대하여 본 발명은 유효하다.

#### (57) 청구의 범위

##### 청구항 1

시료에 광을 조사하는 때에 이물로부터의 제1산란광선과 결함으로부터의 제2 산란광선 사이의 차이를 이용하여, 상기 시료의 표면상의 상기 이물의 위치 및 상기 시료내의 결함의 위치를 측정하는 검사방법으로서, 상기 제1산란 광선과 상기 제2산란 광선사이의 각도 차이를 이용하여 상기 이물 및 상기 결함을 식별하는 것을 특징으로 하는 검사방법.

##### 청구항 2

시료에 광을 조사하는 때에 시료 표면상의 이물로부터의 제1산란 광선과 상기 시료내의 결함으로부터의 제2산란 광선사이의 차이를 이용하여 상기 시료의 표면상의 상기 이물의 위치 및 상기 시료내의 결함의 위치를 측정하는 검사방법으로서, 상기 제1 산란광선 및 제2산란광선 간의 편광도 차이를 이용하여 상기

표면상의 상기 미물과 상기 결함을 식별하는 것을 특징으로 하는 검사방법.

#### 청구항 3

제1파장의 제1광선과 제2파장의 제2광선을 시료에 조사하는 때에, 상기 시료내의 결함으로부터의 제1 및 제2산란 광선사이의 차이를 이용하여 시료내의 결함의 깊이를 측정하는 검사방법으로서, 상기 제1파장의 상기 제1산란광선과 상기 제2파장의 상기 제2산란광선 사이의 각도 차이를 이용하여, 상기 시료 내에서 상기 결함이 위치하는 깊이를 측정하는 것을 특징으로 하는 검사방법.

#### 청구항 4

제3항에 있어서, 상기 제1 및 제2파장은 서로 다른 감쇠율을 가지는 것을 특징으로 하는 검사방법.

#### 청구항 5

시료내의 결함의 위치 및 미물의 위치를 측정하는 검사장치에 있어서, 광원부와; 시료를 지지하는 시료대와; 상기 광원부로부터 방사되는 광을 상기 시료에 조사하는 제1광학계와; 상기 시료로부터 산란되는 광을 집광하는 제2광학계와; 상기 집광된 광을 광로가 다른 복수의 광선으로 분리하는 수단과; 서로 다른 광로로 분리된 상기 광선을 검출하는 복수의 검출기와; 상기 복수의 검출기에 접속되어 복수의 광신호의 검출된 강도간의 비율을 계산하는 수단을 구비하고, 상기 제1 및 제2 광학계는 서로에 대해  $50^\circ$  내지  $120^\circ$ 의 각을 이루는 각각의 광축을 가지며, 상기 제1 및 제2 광학계는 상기 시료표면의 법선에 대해 서로 다른 각을 이루는 각각의 광축을 가지는 것을 특징으로 하는 검사장치.

#### 청구항 6

제5항에 있어서, 상기 분리수단은 상기 집광된 광을, 상기 제1광학계와 상기 제2광학계의 광축에 의해 형성된 평면에 각각 수직인 편광성분과 평행인 편광성분으로 분리시키는 것을 특징으로 하는 검사장치.

#### 청구항 7

제5항에 있어서, 상기 광원부는 파장이 다른 광을 각각 방사하는 광원으로 구성되며, 상기 분리수단은 상기 집광된 광을 파장이 다른 광으로 분리시키는 것을 특징으로 하는 검사장치.

#### 청구항 8

제5항에 있어서, 상기 광원부는 파장이 다른 광을 각각 방사하는 광원으로 구성되며, 상기 복수의 서로 다른 광원중의 적어도 2개는 대역투과 특성이 다른 파장 선별용 필터를 각각 구비하는 것을 특징으로 하는 검사장치.

#### 청구항 9

모재(母材)와 굴절률이 다른 복수개의 입자모양 부분이 표면에서 대략 일정한 깊이로 형성된 영역을 적어도 하나 갖는 것을 특징으로 하는 표준시료.

#### 청구항 10

제9항에 있어서, 상기 입자모양 부분은 상기 표면에서  $10\mu\text{m}$ 이하의 깊이로 형성되는 것을 특징으로 하는 표준시료.

#### 청구항 11

제9항에 있어서, 상기 입자모양 부분의 상기 표면으로부터의 깊이가 다른 상기 영역을 복수개 갖는 것을 특징으로 하는 표준시료.

#### 청구항 12

제9항에 있어서, 상기 모재는 실리콘으로, 상기 입자모양 부분은 산화실리콘 및 공동(空洞)중의 적어도 하나로 각각 형성되는 것을 특징으로 하는 표준시료.

#### 청구항 13

반도체 웨이퍼의 표면에 광을 조사하고, 상기 광을 상기 표면에 조사한 때에, 파티클로부터 반사되는 제1 산란광선과 결함으로부터 반사되는 제2산란광선 사이의 차이를 이용하여 상기 반도체 웨이퍼의 상기 표면상의 상기 파티클 및 상기 반도체 웨이퍼 내의 상기 결함을 검사하는 검사공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 반도체 장치의 제조방법.

#### 청구항 14

제13항에 있어서, 상기 검사공정은 상기 파티클로부터의 상기 제1산란광선의 편광성분과, 상기 결함으로부터의 상기 제2산란광선의 제2편광성분을 분리하여 검출하는 것을 특징으로 하는 반도체 장치의 제조방법.

#### 청구항 15

제1파장을 가지는 제1광선과 서로 다른 제2파장을 가지는 제2광선을 반도체 웨이퍼에 조사하고, 상기 제1광선의 제1산란광 및 상기 제2광선의 제2산란광 사이의 차이를 이용하여 상기 반도체 웨이퍼내의 결함의 깊이 및 크기를 검사하는 검사공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 반도체 장치의 제조방법.

**청구항 16**

제1항에 있어서, 상기 시료에 조사되는 상기 광은 단일광인 것을 특징으로 하는 검사방법.

**청구항 17**

제2항에 있어서, 상기 시료에 조사되는 상기 광은 단일광인 것을 특징으로 하는 검사 방법.

**청구항 18**

제13항에 있어서, 상기 시료에 조사되는 상기 광은 단일광인 것을 특징으로 하는 반도체 장치의 제조방법.

**청구항 19**

반도체 재료내의 결함의 위치 및 미물의 위치를 측정하는 검사장치에 있어서, 광원부와; 상기 반도체 재료를 지지하는 시료대와; 상기 광원부로부터 방사되는 광을 상기 반도체 재료에 조사하는 제1광학계와; 상기 반도체 재료로부터 산란되는 광을 집광하는 제2광학계와; 상기 집광된 광을 광로가 다른 복수의 광선으로 분리하는 편광 프리즘과; 서로 다른 광로로 분리된 상기 광선을 검출하는 복수의 검출기와; 복수의 광선호의 검출된 강도 간의 비율을 계산하는 컴퓨터를 구비하고, 상기 제1 및 제2광학계는 서로에 대해  $50^\circ$  내지  $120^\circ$  의 각을 이루는 각각의 광축을 가지며, 상기 제1 및 제2광학계는 상기 반도체 재료의 표면의 법선에 대해 서로 다른 각을 이루는 각각의 광축을 가지는 것을 특징으로 하는 검사장치.

**청구항 20**

반도체 기관상의 미물 및 상기 반도체 기관내의 결함을 식별하는 검사 방법에 있어서, 상기 반도체 기관의 표면을 광으로 조사하는 단계와; 상기 광의 사이드 산란광에 의해 상기 미물을 검출하는 단계와; 상기 광의 후방 산란광에 의해 상기 결함을 검출하는 단계를 구비하는 것을 특징으로 하는 검사방법.

**청구항 21**

반도체 웨이퍼를 시료대 위에 재치하는 단계와; 상기 반도체 기관의 표면을 광으로 조사하는 단계와; 상기 광의 사이드 산란광에 의해 상기 반도체 웨이퍼의 표면상의 파티클을 검출하는 단계와; 상기 광의 후방 산란광에 의해 상기 반도체 웨이퍼내의 상기 결함을 검출하는 단계와; 상기 검출후 상기 반도체 웨이퍼를 열처리에 노출시키는 단계를 구비하는 것을 특징으로 하는 반도체 장치의 제조방법.

**청구항 22**

시료내의 결함의 크기 및 깊이를 측정하는 검사장치에 있어서, 광원부와; 시료를 지지하는 시료대와; 상기 광원부로부터 방사되는 광을 상기 시료에 조사하는 제1광학계와; 상기 시료로부터 산란되는 광을 집광하는 제2광학계와; 서로 다른 광로로 분리된 상기 광선을 검출하는 복수의 검출기를 구비하고, 상기 광원부는 파장이 다른 광을 각각 방사하는 광원으로 구성되고, 상기 제1 및 제2광학계는 각각의 광축이 상기 시료표면의 법선에 대해 서로 다른 각을 이루도록 배열되어 있는 것을 특징으로 하는 검사장치.

**청구항 23**

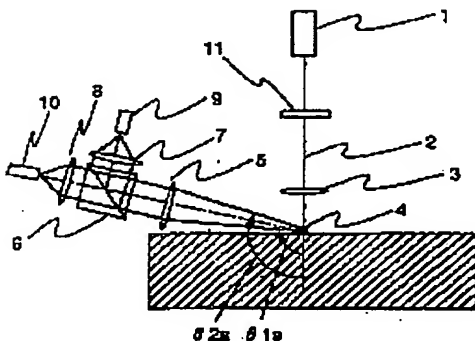
제22항에 있어서, 한 파장은  $532\text{nm}$ 이고, 다른 한 파장은 상기 파장보다 더 큰 것을 특징으로 하는 검사장치.

**청구항 24**

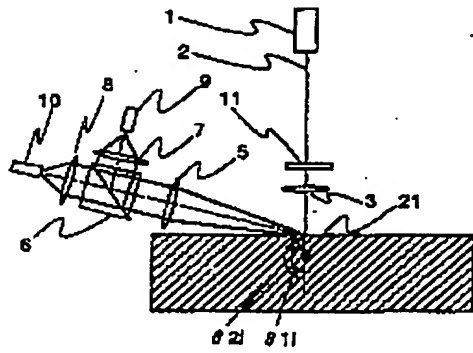
제23항에 있어서, 상기 시료 내에서의 상기 한 파장의 감쇠율은 상기 시료 내에서의 다른 한 파장의 감쇠율보다 더 작은 것을 특징으로 하는 검사장치.

도면

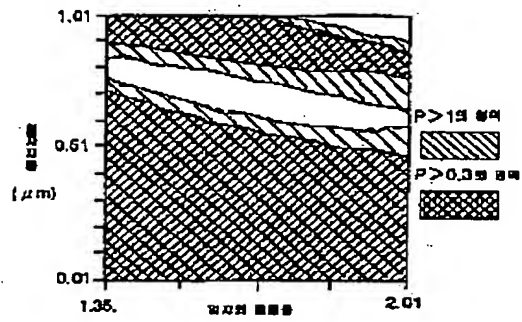
도면1



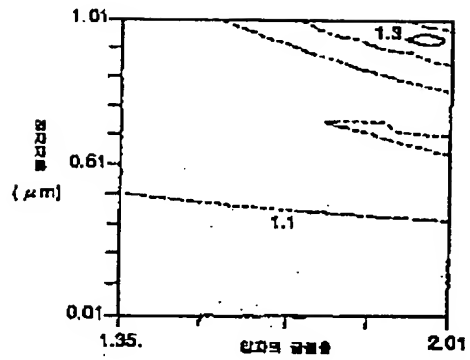
도 2



도 3

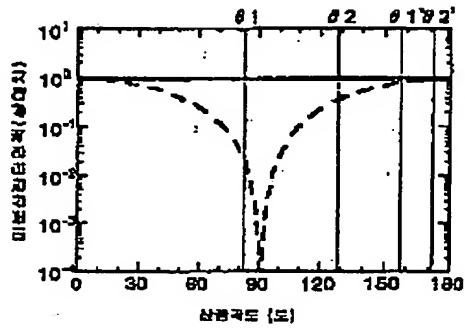


도 4

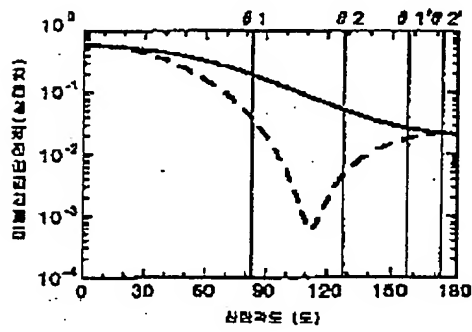




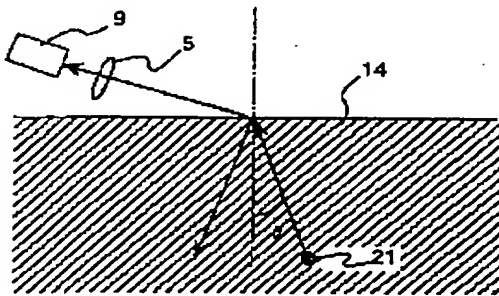
도 15



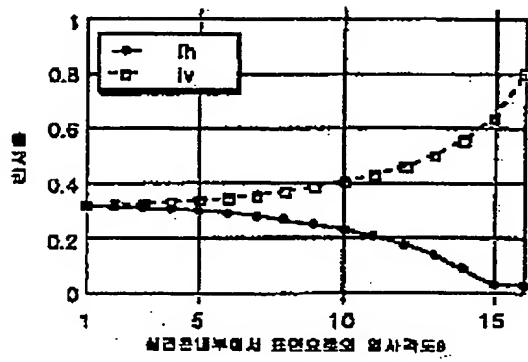
도 16



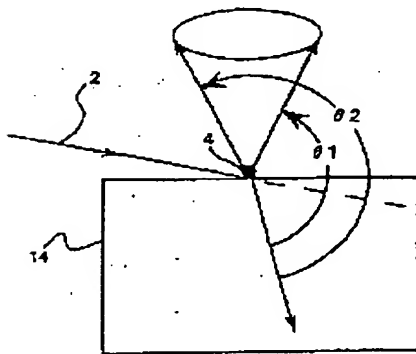
도 17



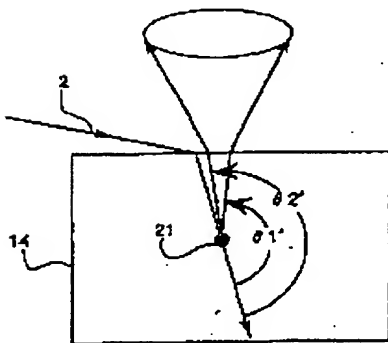
도 18



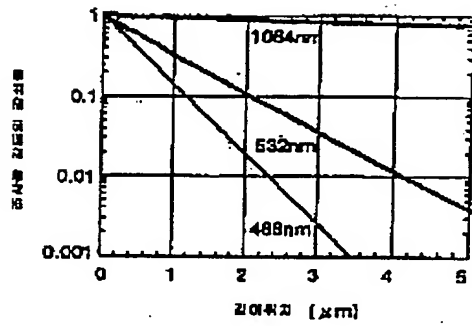
도 19



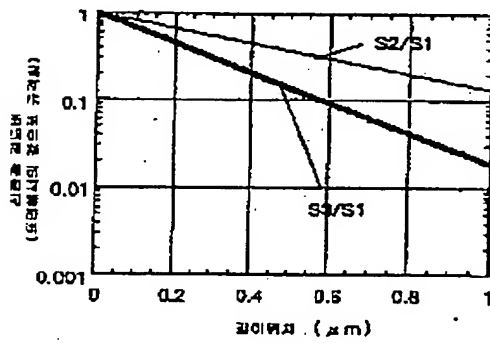
도 20



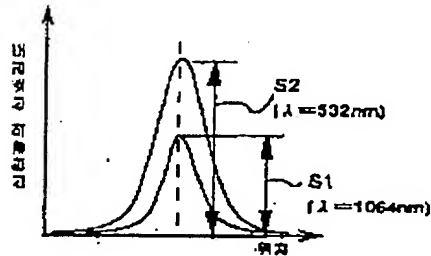
도면11



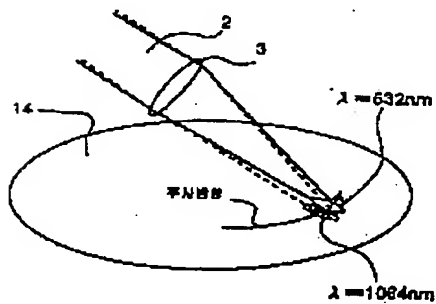
도면12



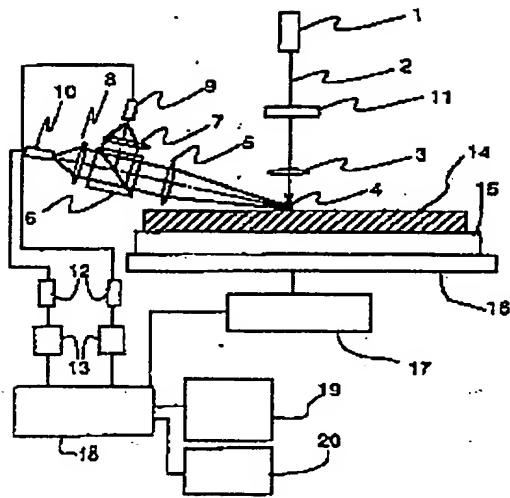
도면13



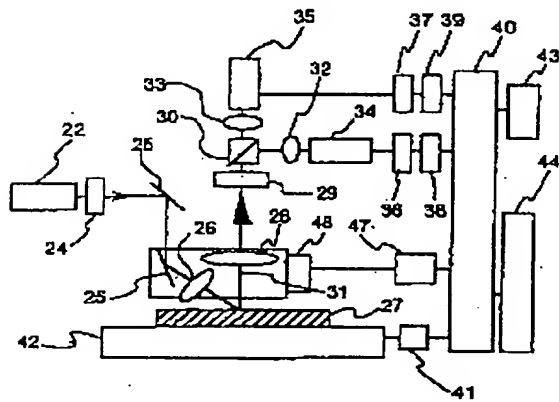
도면14



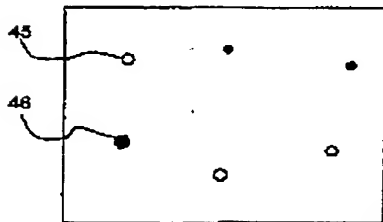
도면 15



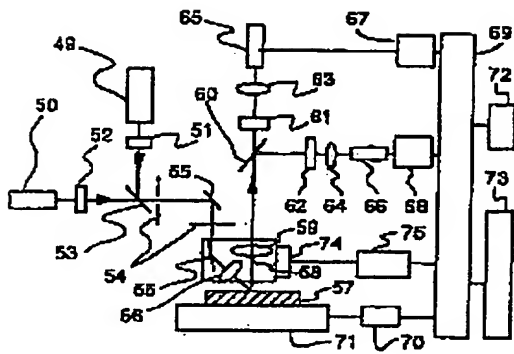
도면 16



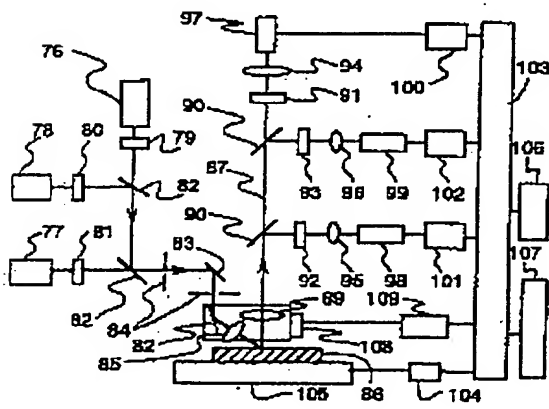
도면 17



도면 18



도면 19



도면 20

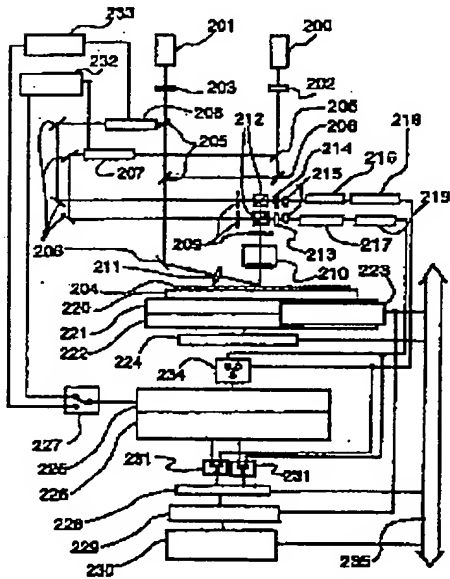


도표 21

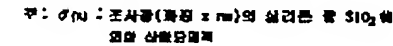
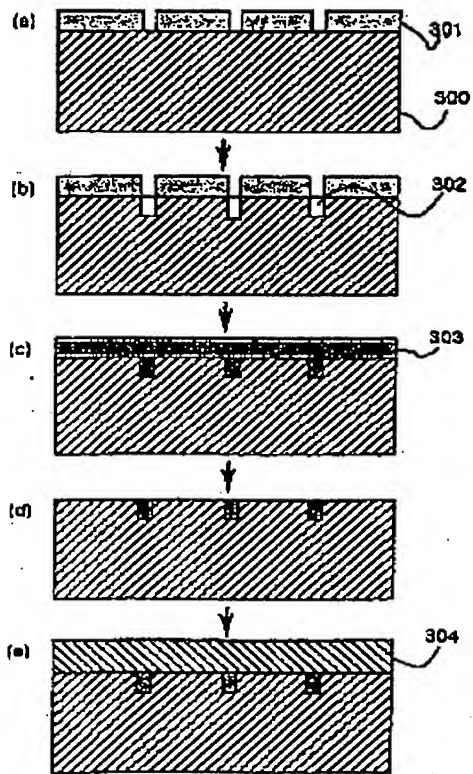
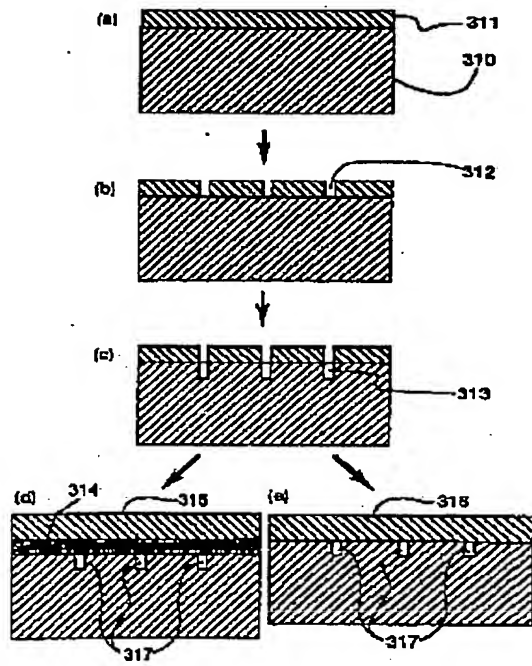


Fig. 22

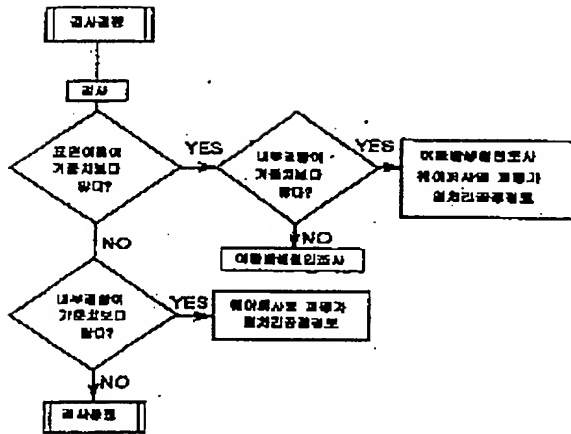




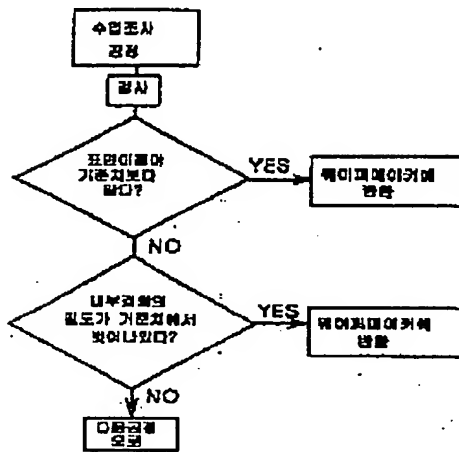
도 23



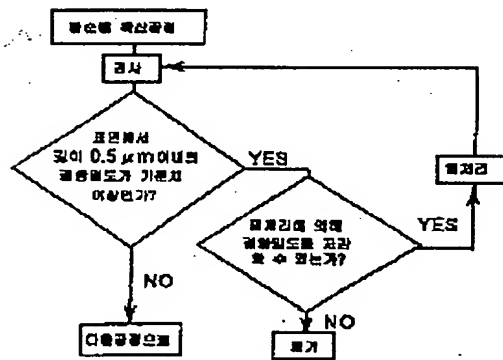
도 24



도면25



도면26



도면27

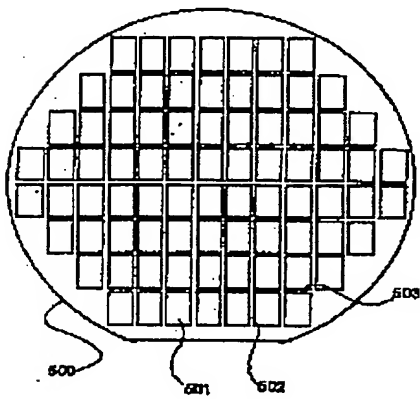


Fig. 28

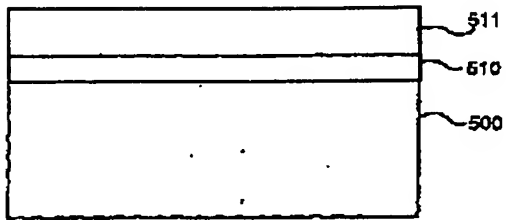
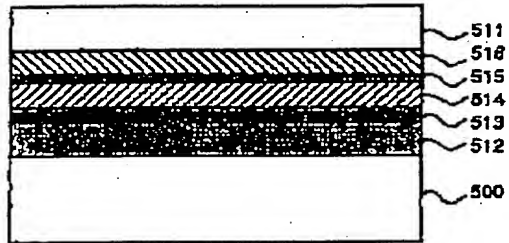


Fig. 29



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**